

REVERSE LINK POWER CONTROLLED REPEATER

Publication number: JP2006505146 (T)

Publication date: 2006-02-09

Inventor(s):

Applicant(s):

Classification:

- international: H04B1/00; H04B7/005; H04B7/15; H04B7/155; H04B7/26; H04J13/00; H04W52/08; H04W52/46; H04W52/14; H04B1/00; H04B7/005; H04B7/15; H04B7/155; H04B7/26; H04J13/00; H04W52/00

- European: H04B7/155B; H04W52/08; H04W52/46

Application number: JP20030546494T 20021120

Priority number(s): US20010331943P 20011120; WO2002US37408 20021120

Abstract not available for JP 2006505146 (T)

Abstract of corresponding document: WO 03044970 (A2)

The invention provides a mechanism for automatically setting reverse link gain or power for a repeater (120) used in a communication system (100) through the use of the reverse link power control of a built-in wireless communications device. By embedding a wireless communication device (430, 630, 700) inside the repeater and injecting reverse link signals of the embedded device into the reverse link of the repeater (124A, 124B), the gain of the repeater is maintained relatively constant. The embedded WCD can also be activated on a periodic basis to make calls and utilize reverse link power-control to calibrate or re-calibrate the gain of the repeater, making it a power-controlled repeater.

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2006-505146

(P2006-505146A)

(43) 公表日 平成18年2月9日 (2006.2.9)

(51) Int. Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>HO4B 7/26 (2006.01)</b>	<b>HO4B 7/26 A</b>	<b>5K022</b>
<b>HO4B 7/15 (2006.01)</b>	<b>HO4B 7/26 I O2</b>	<b>5K067</b>
<b>HO4J 13/00 (2006.01)</b>	<b>HO4B 7/15 Z</b>	<b>5K072</b>
	<b>HO4J 13/00 A</b>	

審査請求 有 予備審査請求 有 (全 46 頁)

(21) 出願番号	特願2003-546494 (P2003-546494)	(71) 出願人	595020643
(86) (22) 出願日	平成14年11月20日 (2002.11.20)		クッアルコム・インコーポレイテッド
(85) 翻訳文提出日	平成16年6月17日 (2004.6.17)		QUALCOMM INCORPORATED
(86) 国際出願番号	PCT/US2002/037408		ED
(87) 国際公開番号	W02003/044970		アメリカ合衆国、カリフォルニア州 92
(87) 国際公開日	平成15年5月30日 (2003.5.30)		121-1714、サン・ディエゴ、モア
(31) 優先権主張番号	60/331,943		ハウス・ドライブ 5775
(32) 優先日	平成13年11月20日 (2001.11.20)	(74) 代理人	100058479
(33) 優先権主張国	米国 (US)		弁理士 鈴江 武彦
		(74) 代理人	100091351
			弁理士 河野 哲
		(74) 代理人	100088683
			弁理士 中村 誠
		(74) 代理人	100109830
			弁理士 福原 淑弘

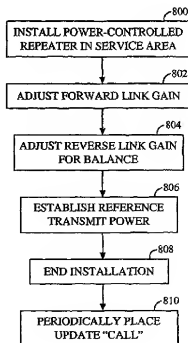
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 順方向リンク電力制御式リピータ

(57) 【要約】

【課題】

【解決手段】本発明は、内蔵型無線通信装置の逆方向リンク電力制御を利用して、通信システム (100) で用いられるリピータ (120) に対する逆方向リンク利得または電力を自動設定するメカニズムを提供する。リピータの内部に無線通信装置 (430、630、700) を組込み、この組込み装置の逆方向リンク信号をリピータ (124A、124B) の逆方向リンク内に送出することにより、リピータの利得は相対的に一定に維持される。また組込み装置 (430、630、700) は周期的に作動して、呼出しを発生し、逆方向リンク電力制御を利用して、リピータ利得を校正または再校正する。この結果、リピータは電力制御式リピータとなる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

無線通信システムにおいて 1 つまたは複数の基地局と通信するリピータの出力電力を制御する方法であって、

遠隔局に向けて送信されたドナー基地局通信信号の予め選択された部分を、前記リピータ内の組込み無線通信装置に結合することと、

前記基地局に転送される遠隔局通信信号と実質的に共用の逆方向リンク信号経路を用いて、前記予め選択された部分にตอบสนองして前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に逆通信リンクを確立することと、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力調整情報を受信して、前記リピータのリターンリンク利得を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成することと、  
を備える方法。

## 【請求項 2】

前記リピータのリターンリンク利得の調整は、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力調整情報を受信することと、

前記無線通信装置の出力送信電力を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成することと、

前記電力制御信号に基づいて前記リピータのリターンリンク利得を調整することと、  
を備える、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 3】

前記少なくとも 1 つの電力制御信号として、前記無線通信装置内で自動利得制御信号を生成することをさらに備える、請求項 2 に記載の方法。

## 【請求項 4】

遠隔局に転送される前記ドナー基地局からの通信信号を受信することと、

所定の信号経路を通して前記基地局に転送される、1 つまたは複数の遠隔局からの通信信号を受信することと、

順方向リンクを確立するために、前記無線通信装置内で前記予め選択された部分を処理することと、

前記無線通信装置内で、前記ドナー基地局に対する逆方向リンク信号を生成することと、  
、

前記逆方向リンク通信信号を、カバーされた前記遠隔局から受信した前記信号と共に、前記無線通信装置から、遠隔局通信信号と共有の所定の逆方向リンクを通して前記ドナー基地局に転送することと、

前記無線通信装置に対して前記ドナー基地局から送信された通信信号を受信して、前記電力制御信号を生成することと、

前記リピータにより前記電力制御信号を検出することと、

前記検出した電力制御信号に基づいて前記リターンリンク利得を調整することと、  
をさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 5】

前記ドナー基地局から受信した通信信号を増幅することと、

増幅したドナー信号を少なくとも 1 つの遠隔局の送信することと、

1 つまたは複数の遠隔局から受信した通信信号を増幅することと、

前記基地局に増幅したカバー信号を送信することと、

デュプレクサを通して、増幅したカバーされた遠隔局通信信号および受信されたドナー基地局通信信号を転送することと、

デュプレクサを通して、増幅したドナー基地局通信信号および受信された遠隔局通信信号を転送することと、  
をさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

## 【請求項 6】

10

20

30

40

50

ドナー基地局通信信号の前記選択された部分を減衰後、選択された量だけ前記無線通信装置に転送することと、

前記無線通信装置により前記リターンリンク信号を減衰することと、

前記無線通信装置からの結果として得た減衰されリターンリンク信号を遠隔局通信信号と結合することと、

をさらに備える、請求項 5 に記載の方法。

【請求項 7】

前記ドナー基地局から、第 1 周波数を有する信号を受信することと、

1 つまたは複数の遠隔局から、前記第 1 と異なる第 2 周波数を有する通信信号を受信することと、

をさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 8】

前記第 1 周波数を用いて、前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に順方向リンクを確立することと、

前記第 2 周波数を用いて、前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に逆方向リンクを確立することと、

をさらに備える、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 9】

前記第 1 周波数に対する電力調整情報に基づき前記第 2 周波数に対するリピータ利得を調整することをさらに備える、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 10】

前記第 1 および第 2 周波数の両方に対する電力調整情報に基づき前記第 2 周波数に対するリピータ利得を調整することをさらに備える、請求項 7 に記載の方法。

【請求項 11】

CDMA、WCDMA、TDMA、TD-SCDMA、および GSM の群から選択される標準を用いて前記通信信号を生成することをさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 12】

前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に通信リンクを周期的に確立することと、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力制御情報を受信することと、

前記リピータに対する利得設定点を校正することと、

をさらに備える、請求項 1 に記載の方法。

【請求項 13】

無線通信システムにおいて 1 つまたは複数のドナー基地局と通信するリピータの出力電力を制御する装置であって、

遠隔局に向けて送信されたドナー基地局通信信号の予め選択された部分を、前記リピータ内の組み無線通信装置に結合する手段と、

遠隔局通信信号と実質的に共用の逆方向リンク信号経路を用いて、前記予め選択された部分にตอบสนองして前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に通信リンクを確立する手段と、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力調整情報を受信して、前記リピータのリターンリンク利得を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成する手段を備える、装置。

【請求項 14】

受信および調整のための前記手段は、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力調整情報を受信する手段と、

前記無線通信装置の出力送信電力を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成する手段と、

前記電力制御信号に基づいて前記リピータのリターンリンク利得を調整する手段と、を備える、請求項 13 に記載の装置。

【請求項 15】

10

20

30

40

50

前記少なくとも１つの電力制御信号として、前記無線通信装置内で自動利得制御信号を生成する手段をさらに備える、請求項１４に記載の装置。

【請求項１６】

遠隔局に転送される前記基地局からの通信信号を受信する手段と、  
所定の信号経路を通して前記基地局に転送される、１つまたは複数の遠隔局からの通信信号を受信する手段と、

順方向リンクを確立するために、前記無線通信装置内で前記予め選択された部分进行处理する手段と、

前記無線通信装置内で、前記ドナー基地局に対する逆方向リンク信号を生成する手段と、

前記逆方向リンク通信信号を、カバーされた前記遠隔局から受信した前記信号と共に、前記無線通信装置から、前記所定の信号経路を通して前記ドナー基地局に転送する手段と、

前記無線通信装置に対して前記ドナー基地局から送信された通信信号を受信して、前記電力制御信号を生成する手段と、

前記リピータにより前記電力制御信号を検出する手段と、  
前記検出した電力制御信号に基づいて前記リターンリンク利得を調整する手段と、  
をさらに備える、請求項１３に記載の装置。

【請求項１７】

前記ドナー基地局から受信した通信信号を増幅する手段と、  
増幅したドナー信号を少なくとも１つの遠隔局の送信する手段と、  
１つまたは複数の遠隔局から受信した通信信号を増幅する手段と、  
前記基地局に増幅したカバー信号を送信する手段とし、

デュプレクサを通して、増幅したカバーされた遠隔局通信信号および受信されたドナー基地局通信信号を転送する手段と、

デュプレクサを通して、増幅したドナー基地局通信信号および受信された遠隔局通信信号を転送する手段と、  
をさらに備える、請求項１３に記載の装置。

【請求項１８】

ドナー基地局通信信号の前記選択された部分を減衰後、選択された量だけ前記無線通信装置に転送する手段と、

前記無線通信装置により前記リターンリンク信号を減衰する手段と、  
前記無線通信装置からの結果として得た減衰されたリターンリンク信号を遠隔局通信信号と結合する手段と、  
をさらに備える、請求項１４に記載の装置。

【請求項１９】

前記ドナー基地局から、第１周波数を有する信号を受信する手段と、  
１つまたは複数の遠隔局から、前記第１と異なる第２周波数を有する通信信号を受信する手段と、  
をさらに備える、請求項１３に記載の装置。

【請求項２０】

前記第１周波数を用いて、前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に順方向リンクを確立する手段と、

前記第２周波数を用いて、前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に逆方向リンクを確立する手段と、  
をさらに備える、請求項１９に記載の方法。

【請求項２１】

前記第１周波数に対する電力調整情報に基づき前記第２周波数に対するリピータ利得を調整することをさらに備える、請求項１９に記載の方法。

【請求項２２】

10

20

30

40

50

前記第1および第2周波数の両方に対する電力調整情報に基づき前記第2周波数に対するリピータ利得を調整することをさらに備える、請求項19に記載の方法。

【請求項23】

増幅したドナー信号を少なくとも1つの遠隔局に送信し、増幅した遠隔局信号を前記第1周波数で前記基地局に送信する手段と、

逆方向リンク信号を前記無線通信装置から前記ドナー基地局に第2周波数で送信する手段と、  
をさらに備える、請求項19に記載の装置。

【請求項24】

CDMA、WCDMA、TDMA、TDS-SSMA、およびGSMの群から選択される標準を用いて前記通信信号を生成する手段をさらに備える、請求項13に記載の方法。

【請求項25】

前記無線通信装置と前記ドナー基地局との間に通信リンクを周期的に確立し、前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力制御情報を受信して、前記リピータに対する利得設定点を校正する手段をさらに備える、請求項13に記載の装置。

【請求項26】

無線通信システム内で、基地局および1つまたは複数の遠隔局と通信するリピータと通信するドナー基地局の雑音を制御する方法であって、

遠隔局に向けて送信されるドナー基地局通信信号の予め選択された部分を、前記リピータ内の組込み無線通信装置に転送することと、

前記基地局に転送される遠隔局通信信号と共用のリターン信号経路を介して、リターン信号を送信することにより、前記予め選択された部分にตอบสนองして前記無線通信装置と前記ドナー基地局との通信リンクを確立することと、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力調整情報を受信して、前記無線通信装置の出力送信電力を調整するための少なくとも1つの電力制御信号を生成することと、

前記電力制御信号に基づいて前記リピータのリターンリンク利得を調整することと、  
を備える方法。

【請求項27】

無線通信システム内で、基地局および1つまたは複数の遠隔局と通信するリピータと通信するドナー基地局の雑音を制御する装置であって、

遠隔局に向けて送信されるドナー基地局通信信号の予め選択された部分を、前記リピータ内の組込み無線通信装置に転送する手段と、

前記基地局に転送される遠隔局通信信号と共用のリターン信号経路を介して、リターン信号を送信することにより、前記予め選択された部分にตอบสนองして前記無線通信装置と前記ドナー基地局との通信リンクを確立する手段と、

前記ドナー基地局から前記無線通信装置に対する電力調整情報を受信して、前記無線通信装置の出力送信電力を調整するための少なくとも1つの電力制御信号を生成する手段と、

前記電力制御信号に基づいて前記リピータのリターンリンク利得を調整する手段と、  
を備える装置。

【請求項28】

無線通信システム内で、1つまたは複数のドナー遠隔局および遠隔局と通信する電力制御式リピータであって、

前記ドナー基地局から受信した通信信号を処理して遠隔局に転送する第1回路と、

前記遠隔局から受信した通信信号を処理してドナー基地局に転送する第2回路と、

前記ドナー基地局から受信された通信信号の少なくとも1つの予め選択された部分を受信し、前記予め選択された部分にตอบสนองして、前記基地局に転送される遠隔局通信信号と共用のリターン信号経路を介する前記ドナー基地局との通信を確立するように前記第1および第2回路に接続された無線通信装置であって、さらに、確立された通信リンクの特性に

10

20

30

40

50

応じて発生する電力変化に基づいて前記リピータのリターンリンク利得を調整するように接続されている無線通信装置と、  
を備える電力制御式リピータ。

【請求項 29】

前記第 1 および第 2 回路は、

ドナー信号を増幅して少なくとも 1 つの遠隔局に送信し、遠隔局信号を増幅して前記ドナー基地局に第 1 周波数で送信し、

逆方向リンク信号を増幅して、前記無線通信装置から前記ドナー基地局に第 2 周波数で送信するように構成されている、請求項 28 に記載のリピータ。

【請求項 30】

前記第 1 周波数に対する電力調整情報に基づき前記第 2 周波数に対するリピータ利得を調整する手段をさらに備える、請求項 29 に記載のリピータ。

【請求項 31】

前記第 1 および第 2 周波数の両方に対する電力調整情報に基づき前記第 2 周波数に対するリピータ利得を調整する手段をさらに備える、請求項 29 に記載のリピータ

【請求項 32】

増幅したドナー信号を少なくとも 1 つの遠隔局に送信し、増幅した遠隔局信号を前記第 1 周波数で前記基地局に送信する手段と、

逆方向リンク信号を前記無線通信装置から前記ドナー基地局に第 2 周波数で送信する手段と、をさらに備える、請求項 29 に記載のリピータ。

【請求項 33】

CDMA、WCDMA、TDMA、TDS-CDMA、および GSM の群から選択される標準を用いて通信信号を生成する手段をさらに備える、請求項 13 に記載のリピータ。

【請求項 34】

1 つまたは複数のリピータの存在により生成される基地局内の雑音を最小化すると同時に、基地局と通信する 2 つまたはそれ以上のリピータを使用する通信システムにおける信号バレージを提供する方法であって、

遠隔局に向けて送信されたドナー基地局通信信号の一部分を、第 1 リピータ内の第 1 組込み無線通信装置に結合することと、

前記第 1 リピータを通して第 2 リピータから前記基地局に転送される遠隔局通信信号と共用のリターン経路を用いて、前記一部分に応答して、第 1 リピータ内の第 1 無線通信装置と前記ドナー基地局との間に逆通信リンクを確立することと、

前記ドナー基地局から前記第 1 無線通信装置に対する電力調整情報を受信して、前記第 1 リピータ内の前記第 1 無線通信装置の出力送信電力を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成することと、

前記電力制御信号に基づいて前記第 1 リピータのリターンリンク利得を調整することと、  
を備える方法。

【請求項 35】

前記第 1 リピータにより増幅されて送信され、かつ遠隔局に向けて送信されるドナー基地局通信信号の第 2 部分を、第 2 リピータ内の第 2 組込み無線通信装置に転送することと、

前記第 2 リピータを通して第 3 リピータから前記基地局に転送される遠隔局通信信号と共用のリターン信号経路を介して、リターン信号を送信することにより、前記第 2 の予め選択された部分に응答して前記第 2 リピータ内の前記第 2 無線通信装置と前記第 1 リピータとの間の通信リンクを確立することと、

前記第 1 リピータから前記第 2 無線通信装置に対する電力調整情報を受信して、前記第 2 リピータ内の前記第 2 無線通信装置の出力送信電力を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成することと、

前記電力制御信号に基づいて前記第 2 リピータのリターンリンク利得を調整することと

10

20

30

40

50

をさらに備える、請求項 3 4 に記載の方法。

【請求項 3 6】

前記第 1 および第 2 リピータは、  
ドナー信号を増幅して少なくとも 1 つの遠隔局に送信し、遠隔局信号を増幅して前記ドナー基地局に第 1 周波数で送信し、

逆方向リンク信号を増幅して、前記第 1 および第 2 無線通信装置から第 2 周波数で送信するように構成されている、請求項 3 4 に記載の方法。

【請求項 3 7】

前記追加のリピータは、  
ドナー信号を増幅して少なくとも 1 つの遠隔局に送信し、遠隔局信号を増幅して前記ドナー基地局に 1 つの周波数で送信し、

逆方向リンク信号を増幅して、組込み無線通信装置から別の周波数で送信するように構成されている、請求項 3 4 に記載の方法。

【請求項 3 8】

通信信号を処理するための R F 回路と、  
リピータ内に組み込まれ、前記 R F 回路に結合された電話と、  
前記電話の閉ループ電力制御器機能を利用して前記リピータで使用される送信電力レベルを調整する手段と、を備え、

これにより、前記電話送信電力が閉ループ電力制御処理からのコマンドによって送信電力を修正するとき、利得変化および動作点を安定化する、リピータ。

【請求項 3 9】

前記リピータ処理される通信信号が、C D M A 方式のスペクトル拡散変調された通信信号である、請求項 3 8 に記載のリピータ。

【請求項 4 0】

受信チェーンに接続された出力と送信チェーンに接続された入力とを有する第 1 デュプレクサを備え、

前記受信チェーンは前記第 1 デュプレクサの出力に接続された入力と、1 つが 1 つまたは複数の増幅器の第 1 セットに直列に接続された、2 つの出力とを有するカプラを備え、さらに、

前記第 1 増幅器に直列に接続された第 1 固定減衰器と、  
前記第 1 増幅器からの出力を受け取るように接続された入力とを有する第 2 デュプレクサと、

2 つの入力および 1 つの出力を有し、この 1 つの入力が前記第 2 デュプレクサからの出力を受け取るように接続されている結合器と、

前記結合器の出力に直列に接続された 1 つまたは複数の増幅器と、

前記増幅器に直列に接続された第 2 固定減衰器と、

前記第 1 デュプレクサ入力に接続された出力および制御入力とを有する前記第 2 減衰器に、直列に接続されたデジタルステップ減衰器と、

前記カプラの出力に接続された受信入力と、前記結合器の第 2 入力に接続された送信出力と、アンテナ入力とを有するサーキュレータと、

前記サーキュレータ受信入力に直列に接続された第 3 固定減衰器と、

前記サーキュレータの前記送信出力と前記結合器の第 2 入力に直列に接続された第 4 固定減衰器と、

前記サーキュレータの前記アンテナ入力に接続されたアンテナ出力と、少なくとも 1 つの利得制御出力と、呼出し通知出力と、ピックアップ／ハンガアップ出力とを有するリピータ電話と、

減衰器および電力出力を制御するコマンドを発行するために、前記デジタルステップ減衰器制御入力に接続された出力と、それぞれが前記リピータ電話の対応する出力に接続された、少なくとも 1 つの利得制御入力と、呼出し通知入力と、ピックアップ／ハンガアップ

アップ入力とに接続されたマイクロコントローラと、  
を備えるリピータ。

【請求項 41】

通信信号が CDMA、WCDMA、TDMA、TD-SCDMA、および GSM の群から選択される標準を用いて前記リピータにより処理される、請求項 40 に記載のリピータ。

【請求項 42】

1 つまたは複数のドナー基地局と、  
1 つまたは複数の遠隔局と、  
前記基地局および 1 つまたは複数の遠隔局と通信する電力制御式リピータとを備え、  
このリピータは、  
基地局通信信号の一部分を、前記リピータ内の組込み無線通信装置に結合する手段と、  
遠隔局通信信号と共用のリターン信号経路を介するリターン信号を用いて、前記無線通信装置とドナー基地局との間の逆方向リンクを確立する手段と、  
前記ドナー基地局から電力調整情報を受信して、出力送信電力を調整するための少なくとも 1 つの電力制御信号を生成する手段と、  
を備える無線通信システム。

【発明の詳細な説明】

【関連出願の相互参照】

【0001】

本発明は、係属中の、2001 年 11 月 20 日出願の米国仮特許出願第 60,331,943 号の利益を主張するものである。前記出願の全内容は参照によりここに組み込まれる。

【技術分野】

【0002】

本発明は一般に、無線通信システムに関し、さらに詳細には、基地局と対話可能な組込み無線通信装置を有する無線通信システムにおいて使用するためのリピータに関するものであり、基地局はこのリピータと通信し、このリピータを通してリピータの利得および出力電力の制御に影響を与える。

【背景技術】

【0003】

無線通信システムは近年、大きく発展し、幅広く利用されている。現在では、携帯電話およびパーソナル移動通信サービス (Personal Communications Service; PCS) システムを含む、多くの異なる方式の無線通信システムが利用されている。公知のセルラシステムの例には、セルラー AMPS (Analog Advanced Mobile Phone System) および符号分割多元接続 (CDMA)、時分割多元接続 (TDMA)、TDMA の GSM アクセス (Global System for Mobile) 変形型、ならびに TDMA および CDMA 方式の両方を利用する新しいハイブリッドデジタル通信システムが挙げられる。

【0004】

多重アクセス通信システムにおける CDMA 方式の利用は米国特許第 4,901,307 号の、発明の名称「サテライトまたは地上リピータを利用するスペクトル拡散多元接続通信システム (Spread Spectrum Multiple Access Communication System Using Satellite Or terrestrial Repeaters)」および米国特許第 5,103,459 号の、発明の名称「CDMA 携帯電話システムにおける信号波形を発生するためのシステムおよび方法 (System And Method For Generating Signal Waveforms In A CDMA Cellular Telephone System)」に記載されている。前記両方の特許は本発明の譲受人に譲渡され、参照によりここに組み込まれる。

【0005】

CDMA 移動体通信を実現する方法は米国において、米国電気通信工業会/電子機械工

10

20

30

40

50

業会により、T I A / E I A / I S - 9 5 - A の表題「デュアルモード広帯域スペクトル拡散セルラシステムに対する移動局ベースの局の互換性標準 (Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System)」(本明細書では I S - 9 5 と称する) で標準化された。統合された A M P S および C D M A システムは T I A / E I A 規格 I S - 9 8 に記載されている。別の通信システムは I M U - 2 0 0 0 / U M または国際移動体電気通信システム 2 0 0 0 / ユニバーサル移動体電気通信システムに記載されており、これら規格は広帯域 C D M A ( W C D M A )、c d m a 2 0 0 0 (例えば、C D M A 2 0 0 0 1 x または 3 x 標準) または T D - S C D M A と呼ばれているものを含んでいる。

【0006】

無線通信システムでは、移動局またはユーザ端末は、基地局近傍またはその周辺の特定の地理的エリア内で通信リンクまたはサービスをサポートする、固定された位置の基地局(セルサイトまたはセルと呼ばれる)からの信号を受信する。カバレッジ (coverage) を提供するのを支援するために、各セルは複数セクタに細分化されることが多く、このセクタは狭いサービスエリアまたは地理的エリアに対応する。相互に隣接して配置された基地局の配列または連続は、広いエリアに渡り、多数のシステムユーザへのサービスを可能にする通信システムを形成する。

【0007】

不利な点は、多くの無線通信システムの全体カバレッジエリアが実現しているほどの強度では、多くの移動局へのサービスまたはカバレッジを提供することが難しい点である。システム内の基地局の配備または位置決定はカバレッジエリアに「ギャップ」または「ホール」を残すことがある。すなわち、基地局の配置は、様々な公知のシステム設計基準、経済性、有利性、または局地的な区域指定制限により要求されるものであり、特定の基地局の信号カバレッジを、基地局のグループの近傍またはそれを囲む特定エリアにも到達させることができない。さらに、地質的形状または人工的構造物からの障害が、特定エリア内の信号を完全に阻止することがある。また基地局は、人口の少ないまたは地方エリアに設置するには費用が掛かりすぎると考えられ、完全にカバーされないエリアを残す可能性がある。当然、あらゆるカバーされないエリアまたは区域は通信システムオペレータまたはサービスプロバイダの収益の無いことを意味する。

【0008】

リピータは、電気通信事業者およびサービスプロバイダに対して、カバレッジエリア内のホールを埋めるか、またはカバレッジエリアを広げることができる経済的な方法を提供できる。例えば、費用の掛かる、複雑な基地局を設置する代わりに、リピータを利用して、既存の基地局の到達範囲を拡大できる。したがって、通信事業者は、特定のセクタのホールを埋めるか、カバレッジエリアを拡大できることにより、以前にはカバーできなかったエリアに通信可能になる。ホールを埋める用途の1つの評価は、そのエリアが一般に、多くはリピータとも通信するそのセクタを有するカバレッジで囲まれることである。セルまたはセクタのカバレッジエリアの拡大または移動は、セクタからのカバレッジエリアの位置または形状を効率的に移動する。この方式の用途の例は、ハイウェイカバレッジである。2つのセクタがある基地局近傍のハイウェイをカバーしていると仮定すると、リピータを利用することにより、その基地局位置から直接見えるかまたは基地局の信号の到達するエリアを超えるエリアまでのカバレッジを提供すると考えられる。特に、地方の場所についてはこれが当てはまる。

【0009】

リピータ方式の利用は、米国特許第6, 108, 364号の、発明の名称「C D M A システムに利用するための時分割2重リピータ (Time Division Duplex Repeater For Use in a CDMA System)」に記載されており、また市街地の通信の谷間における信号の多様性を得るためのリピータの利用は、米国特許第5, 991, 345号の、発明の名称「疑似マルチパス信号を用いる多様性強化の方法および装置 (Method and Apparatus for Diversity Enhancement Using Pseudo-Multipath Signals)」に記載されている。前記両方の

10

20

30

40

50

特許は、参照により本明細書に引用したものとす。

#### 【0010】

しかし、リピータの利用は特定の状況では問題を発生することがある。以下に詳細を述べるように、リピータはノイズレス装置ではなく、通信リンクとして作用する基地局セクタに熱雑音を与え、この雑音が基地局の雑音下限に追加される。さらに、リピータの利用は環境要因により妨害され、その結果リピータ利得の変動、および基地局のリピータによる熱雑音寄与の変動が発生する。さらに詳細には、リピータにより与えられる利得は様々な要因、例えば、日々の温度変動 ( $\pm 6 \text{ dB}$ )、季節的溫度変動 (通常  $\pm 3 \text{ dB}$ )、春または夏の間の樹木の葉または葉の繁茂の変化により発生する減衰、または基地局-リピータ間の経路に建設された新しい障害物により影響される。

#### 【0011】

前述の現象は、基地局における熱雑音の全体量の変動を引き起こし、基地局およびリピータのカバレッジエリアの両方のカバレッジおよびサービスに悪影響を与える。リピータ利得を一定に維持するのが望ましいことは明らかである。したがって、変化を検出および制限する能力を有し、リピータ利得を所定のレベルに復元することが望ましい。

#### 【発明の開示】

#### 【発明が解決しようとする課題】

#### 【0012】

必要とされることは、リピータの出力電力を操作して、通信システムの望ましくない雑音を追加することなくカバレッジを拡大するような新しい装置または手法である。これは、最少の複雑性および最大の使用の容易性と共に達成されるべきである。本発明はこの要求を満たすものである。

#### 【課題を解決するための手段】

#### 【0013】

本発明は、内蔵式無線通信装置 (例えば CDMA または WCDMA 標準プロトコル) を使用するスペクトル拡散電話) の逆方向リンク電力制御を利用して、通信システムで用いられるリピータに対する逆方向リンク利得または電力を自動設定するメカニズムを提供する。リピータの内部に無線通信装置 (WCD) を組込み、この組込み WCD の逆方向リンク信号をリピータの逆方向リンク内に送出することにより、リピータの利得は相対的に一定に維持される。また組込み WCD は周期的に作動して、呼出しを発生し、逆方向リンク電力制御を利用して、リピータ利得を校正または再校正する。したがって、このリピータは電力制御式リピータとなる。

#### 【0014】

本発明は、リピータ内で使用される増幅段または素子の利得を調整することにより、無線通信システムにおいて、1つまたは複数の基地局および遠隔局と通信するリピータに対して出力電力を制御することを実現できる。本発明はまた、リピータおよび1つまたは複数の遠隔局と通信するドナー (donor) 基地局に対して混入される雑音を制御する、方法および装置に利用を実現できる。

#### 【0015】

一実施形態では、この方法は、遠隔局に向けて送信されたドナー基地局通信信号の予め選択された部分を、リピータ内に組込まれた無線通信システム装置に結合または転送すること、および、前記予め選択された部分の受信に応じて、無線通信装置とドナー基地局との間の通信リンクを確立することを備える。これはリターンリンク信号を、基地局に送信される遠隔局通信信号をほぼ同一範囲にリターン信号経路を介して転送し、その後、ドナー基地局から電力調整情報を受信し、少なくとも1つの電力制御信号を生成して、出力送信電力を調整することにより達成される。リピータのリターンリンク利得は電力制御信号に応じて調整される。

#### 【0016】

別の態様では、遠隔局に送信される通信信号はドナー基地局から受信され、一方、1つまたは複数の遠隔局から受信された通信信号は所定の信号経路を介して基地局に転送され

る。一般に、通信信号はCDMA、WCDMA、TDMA、TD-SCDMA、およびGSM（GPRSおよびEDGEを含む）方式の通信信号の群から選択される。予め選択された信号部分（ドナー基地局に転送するための逆方向リンク通信信号を生成することを含む）は無線通信装置で処理され、順方向通信リンクを確立する。逆方向リンク信号は、遠隔局から受信される信号と共に、所定の信号経路を介してドナー基地局に転送される。無線通信装置に向けて送信されたドナー基地局からの通信信号が受信され、自動利得制御信号またはコマンドなどの電力制御信号が、この受信信号内の情報に応じて生成される。リピータはこの電力制御信号またはコマンドに基づいてリターンリンク利得を調整する。

#### 【0017】

本発明の別の態様は、第1デュプレクサを通して増幅した遠隔局通信信号と受信したドナー基地局通信信号とを転送し、ドナー基地局通信信号の予め選択された部分（実施形態によっては、予め選択された量まで信号を減衰することを含む場合もある）を無線通信装置に電力接続し、第2デュプレクサを通して増幅したドナー基地局通信信号と受信した遠隔局通信信号とを転送することを備える。無線通信装置によるリターンリンク信号出力は、遠隔局通信信号と結合されるか、実施形態によっては、結合される前に減衰されることがある。

#### 【0018】

この方法はさらに、無線通信装置とドナー基地局の間に通信リンクを周期的に確立し、通信リンク継続時間中に決定される信号電力に関係する情報に基づいて、少なくとも1つの電力制御信号を生成することを備えることができる。この形態は特に、最初にリピータを設定するときに有効である。この理由は、リピータは基地局に対し効果的に「呼出し」して、手動操作せずに適正な電力レベルを確立できるからである。

#### 【0019】

無線通信システムにおいて、1つまたは複数のドナー基地局および遠隔局によりリピータ通信の出力電力を制御する装置は、遠隔局に向けて送信されたドナー基地局通信信号の予め選択された部分を、リピータ内に組込まれた無線通信システム装置に結合または転送する手段と、基地局に送信される遠隔局通信信号と共有するリターン信号経路を介してリターン信号を転送することにより、前記予め選択された部分にตอบสนองして無線通信装置とドナー基地局との間の通信リンクを確立する手段とを備える。さらにまた、ドナー基地局から電力調整情報を受信し、少なくとも1つの電力制御信号を生成して、出力送信電力を調整する手段と、この電力制御信号に基づいてリピータのリターンリンク利得は調整する手段とを備える。

#### 【0020】

この装置はさらに、ドナー基地局および遠隔局からの様々な通信信号を受信する手段と、これら信号を増幅および再転送する手段とを備える。これら信号はデュプレクサを通して増幅段に転送される。これら手段は、予め選択された部分を処理して順方向通信リンクを確立し、無線通信装置内に逆方向リンク通信信号を生成するために提供される。装置は、基地局への共有信号経路を介して、カバーされた遠隔局から受信される信号と共に、無線通信装置からの逆方向リンク通信信号を転送する。さらに、これら手段は、無線通信装置に向けて送信された基地局から通信信号を受信し、電力制御信号を生成するために提供される。電力制御信号はリピータ内の検出手段を用いて検出でき、次に、検出された電力制御信号に基づいて、利得調整手段を用いてリターンリンク利得を調整できる。

#### 【0021】

無線通信装置へ入力される、または無線通信装置から出力される信号は、無線通信装置に転送、または無線通信装置から転送する前に、必要に応じて、1つまたは複数の手段で処理して減衰させることができる。無線通信装置からの結果として得られた減衰リターンリンク信号出力は、遠隔局通信信号と結合される。無線通信装置との間で送受信する前の減衰は、一般に、標準製品の無線通信装置を利用する場合だけに必要である。この用途に対して特注の装置を設計した場合、減衰を避けることができる。

#### 【0022】

10

20

30

40

50

この装置はさらに、無線通信装置とドナー基地局の間に通信リンクを周期的に確立する手段を備えることにより、通信リンク継続時間中に決定される信号電力に関係する情報に基づいて、少なくとも１つの電力制御信号を生成する。

#### 【００２３】

いくつかの実施形態においては、ドナー基地局からの通信信号は第１周波数を有し、１つまたは複数の遠隔局からの通信信号はこの第１と異なる第２周波数を有する。

#### 【００２４】

さらに別の実施形態では、複数のリピータを使用して、１つが基地局との直接通信をし、その他が一連の遠隔局としての第１か、または順次に、１つから別の１つ、その後第１リピータに通信する。

#### 【００２５】

本発明の特徴、目的、および利点は、添付図面に示す以下の詳細な説明で明らかになるであろう。図面では、同一参照符号は異なる図面においても同一部品または機能的に類似の素子を指す。さらに、参照符号の一番左の数字は、添付図面においてその参照符号が最初に現れた図を示す。

#### 【発明を実施するための最良の形態】

#### 【００２６】

##### １．はじめに

本発明は、リピータ内に無線通信装置を組み込むことにより、無線通信システムで使用されるリピータの利得および送信電力を制御する方法および装置である。無線通信装置は、この装置がリピータのリターンリンク通信信号と共通に保有される通信リンクを介して通信する、基地局により電力制御または調整される。無線装置で生成される１つまたは複数の信号またはコマンドはリピータと対話して、リピータの利得を調整し、これにより電力を制御する。当業者には明らかのように、本発明の概念は、電力制御を利用して、信号の妨害または劣化を低減させることを望む、多くの方式の通信システムに適用可能である。

#### 【００２７】

以下に本発明の実施形態を詳細に述べる。特定の工程、構成および配置を説明するが、これは単に説明目的に示すだけと理解されたい。なお、当業者には、本発明はハードウェア、ソフトウェア、ファームウェア、および／または図に示した構成素子の多くの異なる実施形態で実施できるものであり、本発明の精神および範囲から逸脱することなく、他の工程、構成および配置を用いることができることは理解されるであろう。

#### 【００２８】

本発明の実施形態を説明する前に、それらを有効に実施できる環境例を説明するのが有用である。本発明は特に、移動体通信システム環境において有効である。図１はこのような環境を示す。

#### 【００２９】

##### １．典型的な作動環境

図１は携帯電話システムなどの典型的な無線通信システム１００の図である。無線通信システム（ＷＣＳ）１００は、基地局コントローラ（ＢＳＣ）と称されることもある１つまたは複数の制御局１０２と、基地局トランシーバシステム（ＢＴＳ）と称されることもある複数の基地局１０４Ａ、１０４Ｂ、および１０４Ｃを利用する。基地局１０４Ａ～１０４Ｃは、基地局１０４Ａ～１０４Ｃのそれぞれのサービスエリア１０８Ａから１０８Ｃ内にある、遠隔局または無線通信装置（ＷＣＤ）１０６Ａ～１０６Ｃとそれぞれ通信する。すなわち、この場合は、基地局１０４Ａはサービスエリア１０８Ａ内の遠隔局１０６Ａと通信し、また基地局１０４Ｂはサービスエリア１０８Ｂ内の遠隔局１０６Ｂと、基地局１０４Ｃはサービスエリア１０８Ｃ内の遠隔局１０６Ｃと通信する。

#### 【００３０】

基地局は無線信号の形の情報を順方向リンクまたは順方向リンク通信チャネルを介してユーザ端末に送信し、遠隔局は逆方向リンクまたは逆方向リンク通信チャネルを介して情

報を送信する。図1は3つの基地局104A~104Cを示すが、別の数のこれらの構成要素を使用して、所望の通信能力および地理的範囲を達成できることは明らかである。固定された基地局を示しているが、用途によっては、移動式基地局も使用でき、あるいは必要に応じて、列車、船、またはトラックなどの移動プラットフォーム上に配置される局も利用できる。

#### 【0031】

制御局102は別の制御局102、通信システム100の中央システム制御局（図示せず）、または公衆交換電話網（PSTN）またはインターネットなどの別の接続された通信システムに接続できる。したがって、遠隔局106におけるシステムユーザは、無線システム100を利用する別の通信ポータルへのアクセスを提供される。

10

#### 【0032】

基地局104A~104Cは、複数のPCS/セルラー通信セルサイトを含む、地上方式の通信システムおよびネットワークの一部を形成できる。これら基地局はCDMAまたはTDMA（またはハイブリッドCDMA/TDMA）デジタル通信システムと接続して、CDMAまたはTDMA方式信号を遠隔局との間で送受信できる。信号は、WCDA、CDMA2000またはTD-SCDMA方式信号を用いて、IMT-2000/UTM標準に準拠してフォーマットできる。一方、基地局104はアナログ方式の通信システム（AMPSなど）と接続して、アナログ方式の通信信号を転送できる。

#### 【0033】

遠隔局106A~106Cのそれぞれは、例えば（ただしこれに限定されない）携帯電話、無線ハンドセット、データトランシーバ、あるいはページングまたは位置決定受信機などの、装置または無線通信装置（WCD）を有するかまたは含む。さらに、このような遠隔局は、必要に応じてハンドヘルド式、車両（車、トラック、ボート、列車、および飛行機）に搭載される移動式、または固定式が可能である。例えば、図1は遠隔局106Aを、移動車両搭載電話またはWCDとして示し、また遠隔局106Bはハンドヘルド装置、遠隔局106Cは固定装置として示している。

20

#### 【0034】

さらに、本発明の教示は、1つまたは複数のデータモジュールまたはモデムなどの無線装置に適用して、データおよび/または音声トラヒックを転送するのに利用でき、および、ケーブルあるいは他の公知の無線リンクまたは接続を利用して他の装置と通信し、情報、コマンド、またはオーディオ信号を送信できる。さらに、コマンドを用いて、モデムまたはモジュールを所定の連係したまたは関連付けた方法で動作させて、複数の通信チャネルを介して情報を送信できる。無線通信装置の遠隔局は、選択により、ユーザ端末、移動局、移動体ユニット、加入者ユニット、移動体ラジオまたはラジオ電話、無線ユニット、または単に「ユーザ」、「電話」、「端末」、または「移動体」と称されることもある。

30

#### 【0035】

本発明の環境例では、遠隔局106A~106Cおよび基地局104A~104Cは、CDMA通信方式を用いて、WCS100において他の構成要素と共に無線通信に従事している。したがって、順方向リンク（遠隔局に向かう方向）および逆方向リンク（遠隔局から出る方向）を介して転送される信号は、CDMA転送標準に準拠して符号化され、拡散され、チャンネル化される信号を伝送する。順方向CDMAリンクはパイロットチャネルまたは信号、同期化（sync）チャネル、いくつかのページングチャネル、および多数のトラヒックチャネルを含む。逆方向リンクはアクセスチャネルおよび多数のトラヒックチャネルを含む。パイロット信号を利用して、CDMA準拠の基地局の存在を移動局に知らせる。信号は所定の継続時間、例えば20ミリ秒を有するデータフレームを使用する。ただし、これは説明の便宜上のことであり、本発明は、通信システムまたはネットワークが電力制御コマンドを遠隔局に送信する限りは、時分割多元接続（TDMA）、周波数分割多元接続（FDMA）、あるいは前述のような他の波形または方式などの、他の通信方式を利用するシステムにおいても利用できる。

40

#### 【0036】

50

いずれにせよ、無線信号を雑音および妨害に打ち勝つだけの電力レベルで送信し、情報の転送が特定の誤り率以内で発生するようにする必要がある。ただし、これら信号を過大な電力レベルで送信して、他の遠隔局を含む通信を妨害してはならない。この問題点に対応して、基地局および遠隔局は動的順方向リンク電力制御方式を利用して、適正な順方向リンク送信電力レベルを設定できる。

#### 【0037】

従来の順方向リンク電力制御方式は閉ループ方法を含み、この方法では、ユーザ端末が基地局に、アップ/ダウンコマンドと呼ばれる特定の順方向リンク送信電力調整条件を指定するフィードバックを提供する。この理由は、これらコマンドが電力の増加または減少を指定するからである。例えば、このような方法の1つは、受信した順方向リンクトラヒック信号の信号対雑音比(SNR)またはビット誤り率を測定し、その結果に基づいて、遠隔局に送られるトラヒック信号の送信電力を増加または減少させるように基地局に要求する、ユーザ端末を備えることである。アップ/ダウンコマンドを送信することに加えて、様々な電力および雑音測定結果を含む別の種類の情報を定期的に基地局に送信して、基地局間の「ハンドオフ」などの動作をサポートできる。

#### 【0038】

一般に、基地局104A~104Cは、WCS100の順方向リンクを介して送信する信号の電力を調整する。この電力(本明細書では順方向リンク送信電力と称する)は、遠隔局106A~106Cからの要求、情報、または遠隔局のパラメータに応じて、および時間に応じて変化する。この時間変化特性はフレーム毎に使用できる。このような電力調整を実行して、順方向リンクBERまたはSNRを特定の要求条件内に維持し、妨害を低減し、送信電力を維持する。

#### 【0039】

一般に、遠隔局106A~106Cもまた、制御局102または基地局104A~104Cの制御を受けて、WCS100の逆方向リンクを介して送信する信号の電力を調整する。この電力(本明細書では逆方向リンク送信電力と称する)は、BTSからの要求またはコマンド、受信信号の強度または特性、または遠隔局動作のためのパラメータに応じて、および時間に応じて変化する。この時間変化特性はフレーム毎に使用できる。このような電力調整を実行して、逆方向リンクビット誤り率(BER)を特定の要求条件内に維持し、妨害を低減し、送信電力を維持する。

#### 【0040】

このような通信システムにおける電力制御を実行する方法の例は、米国特許第5,383,219号の、発明の名称「符号分割多元接続システムにおける高速順方向リンク電力制御(Fast Forward Link Power Control In A Code Division Multiple Access System)」、第5,396,516号の、発明の名称「送信電力制御システムにおける制御パラメータの動的変更のための方法およびシステム(Method And System For The Dynamic Modification Of Control Parameters In A Transmitter Power Control System)」、および第5,056,109号の、発明の名称「CDMA携帯携帯電話システムにおける送信電力を制御する方法および装置(Method And Apparatus For Controlling Transmission Power In A CDMA Cellular Mobile Telephone System)」に記載されている。前記特許の内容は参照によりここに組み込まれる。

#### 【0041】

##### 111. サービスエリア

前述のように、各基地局はサービスエリア108(108A~108C)を有し、このエリアは一般に、遠隔局106が有効に基地局を通信できる点の軌跡の地理的範囲として示される。例として、遠隔局106が1つのサービスエリア108内にある場合、メッセージは、順方向リンク110(110A~110C)を利用して制御局102から基地局104(104A~104C)に送信され、また順方向リンク112(112A~112C)を利用して基地局104から遠隔局106に送信される。メッセージは、リターンリンク114(114A~114C)を介して遠隔局106から基地局104に送信される

10

20

30

40

50

。これらメッセージはリターンリンク 116 (116A~116C) を利用して制御局 102 に送信される。

#### 【0042】

基地局 104 と制御局 102 間の通信の一部またはすべては、必要に応じて、マイクロウェーブ、ラジオ、または衛星方式リンクなどの他の無線、あるいは専用有線サービス、光または電気ケーブル等（ただし、これに限定されない）のような非無線転送方式を介して伝送できる。また、順方向リンク 110 および 112 を利用して送信されるメッセージは一般に、逆方向リンク 114 および 116 を介して送信されるメッセージと異なる周波数帯域または変調方式で変調される。別個の順方向および逆方向リンクを利用することにより、制御局 102 と遠隔局 106 の間の全 2 重通信が可能になる。T-D-SCDMA システムは時間分割 2 重化を利用して順方向および逆方向リンクを達成することにより、電力制御式リピータは時分割 2 重化または周波数分割 2 重化を実施できる。

#### 【0043】

図 1 では、基地局のサービスエリアは一般に、便宜上、円形または楕円形で示す。実際の用途では、区域の地形、障害物（ビル、丘など）、信号強度、および他の供給源からの妨害が、所定の基地局によりサービスされる区域の形状を決定する。一般に、複数のカバレージエリア 108 (108A~108C) がわずかに重なり、大きいエリアまたは区域に渡り連続したカバレージまたは通信を実現する。すなわち、有効な携帯電話またはデータサービスを提供するために、縁端部では電力が減少するが、多くの基地局は重なったサービスエリアを利用する。

#### 【0044】

図 1 に示す通信システムのカバレージの 1 つの態様は、カバールされない区域 130（ホールと呼ばれることが多い）、または単に WCS 100 の通常カバレージエリアの外側であるカバールされない区域 132 が存在する。カバレージ内に「ホール」が存在する場合、基地局（ここでは基地局 104A~104C）によりサービスできるカバールエリアの周囲または少なくとも近傍のエリアが存在する。ただし、前述のように、区域 130 または 132 内でカバレージが無効となる様々な理由が存在する。

#### 【0045】

例えば、基地局 104A~104C の最も低コストの配置は、基地局の信号が区域 130 または 132 に確実に到達するかまたはカバールすることができない場所、基地局を置くことである。また別に、山または丘 134 のような地形形状、高いビルまたは市街地中心地帯に形成される市街地の通信の谷間のような人工構造物 136、あるいは高い木、森等の植物 138 が、それぞれ、信号を一部または完全に阻止する。これら影響のいくつかは、一時的であり、または時間経過により変化し、システム設置、計画、および使用を一層複雑にする可能性がある。

#### 【0046】

単に基地局 104 を増設して携帯電話ネットワーク 100 のカバレージを拡大し、追加の地理的領域をカバールすることは可能であるが、これは時には極めて困難であり、不経済となる。基地局が相対的に複雑で高コストまたは設置が難しいだけでなく、カバールする必要がある区域が特有のマルチパスまたはフェージング特性を有する不規則な形状になり、基地局の利用を困難にさせる可能性がある。このエリアはまた、利用頻度の少ないかまたはほとんど利用されない、低い通信トラフィック密度エリアとなる可能性がある。

#### 【0047】

多くの場合、例えば、カバールすべき通信エリアは、リピータ 120（基地局ではない）に利用に見合うだけの、十分なトラフィックを有する。複数のリピータを利用して、特有な形状の領域をカバールするか、または遮断領域を囲むことも有効である。この場合、1 つまたは複数のリピータ 120 (120A, 120B) が遠隔局 106 (106D) および基地局 104 (104A) の両方からの送信を受け取り、両者間の仲介機能を果たし、基本的には「ベントパイプ (bent pipe)」通信経路として作用する。リピータ 120 を利用することにより、基地局 104 の有効範囲が拡大され、広がったサービスエリ

10

20

30

40

50

ア 1 3 2 をカバーする。

#### 【0048】

リピータ 1 2 0 の利用は、基地局の範囲またはカバレッジを拡大するための 1 つの有効なコスト低減方法であるが、いくつかの欠点も有する。判明している 1 つの大きい欠点は、リピータをサービスまたは利用する基地局における雑音の増加である。

#### 【0049】

##### I V. リピータの概要

図 2 はリピータ 2 0 0 の単純化したブロック図である。多くの一般的な市販リピータは、帯域放射からの雑音を抑制し、利得を調整するための追加フィルタおよび制御素子を含む、追加の構成部品を有することが多い。リピータ 2 0 0 は信号を受信するためのドナーアンテナ 2 0 2、デュプレクサ 2 0 4、ドナーアンテナで受信した信号を増幅するための増幅器 2 0 6、第 2 デュプレクサ 2 0 8、およびリピータ 2 0 0 で受信された信号を転送（または反復する）するためのサーバまたはカバレッジアンテナ 2 1 2 を含む。第 2 増幅器 2 1 6 の備え、この増幅器により、サーバアンテナ 2 0 6 から受信した信号を増幅し、増幅した信号をドナーアンテナに供給する。

#### 【0050】

2 つのデュプレクサ（2 0 4、2 0 8）を用いて、順方向リンクおよび逆方向リンク信号（周波数）に分割または分離して、2 つの間の必要な分離を提供し、それら信号がリピータ 2 0 0 の他の処理チェーンに侵入しないようにする。すなわち、送信が受信機その他に混入して、性能が劣化するのを防止する。受信機または受信機デュプレクサ（2 0 4）はドナーアンテナ（2 0 2）と呼ばれるアンテナに接続される。ドナーアンテナと呼ばれる理由は、このアンテナが、ドナーセルとも呼ばれる基地局などの他の供給源から「提供された」信号を受信するからである。このドナーは一般には、セルまたはセルサイトではなく、ドナー基地局により操作されるセル内のセクタである。送信上のデュプレクサまたはリピータ処理の出力サイト（2 0 8）に接続されるアンテナは、出力またはカバレッジアンテナ（2 1 2）と呼ばれる。

#### 【0051】

前に述べたような携帯電話または無線通信システムにおいて利用される実施形態に対して、デュプレクサを選択して 8 0 0 M H z 帯域と呼ばれるシステムを動作する。一般に、これは約 8 8 2 . 7 5 M H z の順方向リンク周波数と約 8 3 7 . 7 5 M H z の逆方向リンク周波数を用いることを意味する。ただし、これら周波数は、前述のように、リピータを利用する特定のシステムに依存し、デュプレクサは公知の方法に従って選択される。例えば、P C S システムは約 1 9 0 0 M H z で動作するが、一般的な G S M は約 1 8 0 0 M H z、U M T S は約 2 1 0 0 M H z で動作する。

#### 【0052】

2 つの周波数間に実現される分離は一般に、1 0 0 d B であり、リピータ安定性を維持するのに十分である。各リンクの帯域幅は一般に 5 M H z のオーダーである。F M、G S M、および他の C D M A 搬送波からの信号による妨害の可能性を排除するには、狭い帯域幅が望ましい。ただし、狭い帯域幅を得るには、一般には S A W フィルタが必要となるが、これは望ましいものでなく、必要に応じて、多くの実施形態では避けることができる。

#### 【0053】

基本的なリピータは、バントパイプとして作用し、信号を送受信するが、前述のような、リピータの、本明細書では B T S における「プッシュ（push）」と呼ばれる熱雑音寄与に関連する問題点が判明しており、リピータ利得の変動がどのようにプッシュに悪影響を与えるかである。B T S における熱雑音の変動量は望ましくなく、本発明の実施形態はリピータにおける新しい方式の逆方向リンク電力制御を可能にして、B T S におけるほぼ一定のリピータ熱雑音プッシュを維持する。

#### 【0054】

##### V. リピータ逆方向リンク分析

無負荷状態におけるリピータおよび B T S の実効雑音係数を用いて、リピータ熱雑音プ

10

20

30

40

50

ッシュ関係を導くことができる。定量化されたリピータ熱雑音プッシュを用いて、B T Sにおいて一定のリピータ熱雑音プッシュを維持するための関係を確立できる。この分析を達成するために、図3に示すW C Sモデル300を用いて開始できる。図は、モデル化された通信システム300において、基地局304およびリピータ320をそれぞれ介して通信する2つの遠隔局または移動局306Aおよび306Bを示す。すなわち、W C S内で実行される動作の機能およびパラメータベースの複製である。表1はこのモデルで用いられるいくつかのパラメータを示す。

【表 1】

表 I

パラメータ	定義
	一般
$T_{OI}$	290° K に等しい基準温度
K	ボルツマン定数または $1.38 \times 10^{-23}$ ジュール/ケルビン
W	信号の帯域幅。この例では、 $W = 1.228$ MHz
	リピータ
$T_{aR}$	リピータカバレッジアンテナのアンテナ温度
$S_c$	リピータカバレッジアンテナコネクタの信号電力
$N_c$	リピータカバレッジ/サーバアンテナコネクタの雑音電力密度
$G_R$	リピータの利得
$N_R$	リピータ追加雑音電力密度、 $N_R = kT_{eR}G_R$
$F_R$	リピータ雑音係数、 $F_R = 1 + T_{eR}/T_O$
$T_{eR}$	リピータ実効雑音温度、 $T_{eR} = (F_R - 1)T_O$
$G_d$	リピータドナーアンテナに利得
	BTS とリピータ間の経路損失
$L_p$	リピータドナーアンテナと BTS アンテナ間の経路損失
	基地局
$G_a$	BTS アンテナ利得
$T_{aB}$	BTS アンテナ温度
$S_a$	BTS アンテナコネクタ信号電力
$N_a$	BTS アンテナコネクタ雑音電力密度
$G_B$	BTS 利得
$S_O$	BTS 出力信号電力
$N_O$	BTS 出力の雑音電力密度
$N_B$	BTS の追加雑音電力密度、 $N_B = kT_{eB}G_B$
$F_B$	基地局の雑音係数、 $F_B = 1 + T_{eB}/T_O$
$T_{eB}$	BTS の実効雑音温度、 $T_{eB} = (F_B - 1)T_O$
$G_T$	BTS-リピータリンク利得、 $G_T = G_R G_d L_p G_a$ (追加される可能性のあるケーブル損失は無視できることを仮定)

## 【0055】

## 1. リピータの実効雑音係数

最初に、無負荷におけるリピータの実効雑音係数  $E F_R$  を決定することは有用である。図 3 のシステムモデルを参照すると、リピータドナーアンテナから発生する雑音密度は以下の式で与えられる。

【数 1】

$$N_{\text{repeater}} = k(T_{aR} + T_{eR})G_R G_d, \quad (1)$$

【0056】

さらに、BTS の出力におけるリピータからの熱雑音寄与は以下ようになる。

【数 2】

$$N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} = N_{\text{repeater}} L_p G_a G_B. \quad (2)$$

10

【0057】

基地局カバレッジエリアにリピータが存在しないとき、BTS 出力における基準熱雑音密度は以下の式になる。

【数 3】

$$N_O^{\text{nom}} = k(T_{aB} + T_{eB})G_B. \quad (3)$$

【0058】

BTS カバレッジエリアにリピータを追加すると、BTS 出力における全体熱雑音密度は、リピータ（式 2）および基準例（nominal case）（式 3）からの寄与の和としてモデル化できる。したがって、以下の式を得る。

20

【数 4】

$$N_O = N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_O^{\text{nom}} \quad (4)$$

【0059】

したがって、

【数 5】

30

$$\begin{aligned} N_O &= N_{\text{repeater}} L_p G_a G_B + k(T_{eB} + T_{aB})G_B \\ &= k(T_{aR} + T_{eR})G_R G_d L_p G_a G_B + k(T_{aB} + T_{eB})G_B, \\ &= k(T_{aR} + T_{eR})G_T G_B + k(T_{aB} + T_{eB})G_B. \end{aligned} \quad (5)$$

【0060】

この関係から、BTS 出力の全体熱雑音密度は基準例のときの逆になり、リピータと BTS 間の経路損失  $L_p$  は増加し、 $G_T$  はゼロに近づき、リピータ信号は BTS から完全に遮断されるか、またはリピータがオフになる。

40

【0061】

BTS 出力の全体熱雑音密度のこのモデルから、リピータの実効雑音係数  $EF_R$  は、リピータカバレッジアンテナコネクタにおける信号対雑音比を、基地局出力における信号対雑音で割った値として定義される。

【数 6】

$$EF_R = \frac{S_c / N_e W}{S_o / N_o W} = \frac{S_c}{S_o} \frac{N_o}{N_e}, \quad (6)$$

50

【 0 0 6 2 】

したがって、

【 数 7 】

$$EF_R = \frac{k(T_{eR} + T_{eB})G_T G_B + k(T_{eB} + T_{eB})G_B}{kT_{eR} G_T G_B}. \quad (7)$$

【 0 0 6 3 】

T<sub>aB</sub> が T<sub>0</sub> に等しい場合、リピータの実効雑音係数の式は以下になる。

【 数 8 】

$$EF_R = \frac{k(T_o + T_{eR})G_T G_B + k(T_o + T_{eB})G_B}{kT_o G_T G_B}, \quad (8)$$

【 数 9 】

$$EF_R = F_R + \frac{F_B}{G_T} \quad (9)$$

【 0 0 6 4 】

B T S アンテナの存在により、式 8 は従来の雑音の多い利得阻止の設定の式と異なる。この理由は、B T S アンテナおよびリピータからの雑音の寄与が B T S 入力に存在するからである。B T S アンテナの存在しない場合には、リピータの実効雑音係数は以下のようになる。

【 数 1 0 】

$$EF_R = F_R + \frac{F_B - 1}{G_T}. \quad (10)$$

【 0 0 6 5 】

式 8 の分子と分母に B T S の基準熱雑音密度を乗算すると、式を変形して以下の式が得られる。

【 数 1 1 】

$$EF_R = \frac{k(T_o + T_{eR})G_T G_B + k(T_o + T_{eB})G_B}{k(T_o + T_{eB})G_B} \frac{k(T_o + T_{eB})G_B}{kT_o G_B} \frac{1}{G_T}. \quad (11)$$

【 0 0 6 6 】

式 1 1 の第 1 項は B T S における基準熱雑音密度上にリピータにより発生するプッシュであり、第 2 項は B T S の基準雑音係数である。したがって、P<sub>thermal</sub> を B T S

【 数 1 2 】

$$P_{thermal} = \frac{k(T_o + T_{eR})G_T G_B + k(T_o + T_{eB})G_B}{k(T_o + T_{eB})G_B}, \quad (12)$$

10

20

30

40

【数 1 3】

$$EF_R = P_{thermal} \frac{F_B}{G_T}. \quad (13)$$

【0 0 6 7】

2. B T S の実効雑音係数

無負荷状態における B T S の実行雑音係数  $EF_B$  の計算では、リピータからの熱雑音寄与は B T S 出力における別の追加雑音発生源としてモデル化される。したがって、B T S の実効雑音係数に式は以下になる。

10

【数 1 4】

$$EF_B = \frac{k(T_{aR} + T_{eR})G_T G_B + k(T_{aB} + T_{eB})G_B}{kT_{aB}G_B} \quad (14)$$

【0 0 6 8】

$T_{aR} = T_{aB} = T_o = 290^\circ \text{ K}$  を代入すると、以下になる。

【数 1 5】

$$EF_B = F_R G_T + F_B. \quad (15)$$

20

【0 0 6 9】

さらに、リピータの実効雑音係数および B T S の実効雑音係数は、B T S - リピータリンク利得により関連付けられる。

【数 1 6】

$$EF_B = EF_R G_T \quad (16)$$

【0 0 7 0】

30

ここで、B T S の実効雑音指数とリピータの実効雑音指数の間の差の dB は、B T S - リピータリンク利得  $G_T$  に等しい。前述の関係を検討すると、 $G_T$  が増加するとき、リピータの実効雑音係数はリピータの基準雑音係数に近づくことを示す。一方、 $G_T$  が減少するとき、B T S の実効雑音係数は B T S の基準雑音係数に近づく。

【0 0 7 1】

3. リピータの熱雑音プッシュ

次に、B T S におけるリピータ熱雑音プッシュの式は、B T S の基準雑音係数  $F_B$ 、リピータの基準雑音係数  $F_R$ 、および B T S - リピータリンク利得  $G_T$  の項で形成できる。さらに詳細には、式 9 および 13 から、以下の式が成立する。

【数 1 7】

40

$$EF_R = P_{thermal} \frac{F_B}{G_T} = F_R + \frac{F_B}{G_T}, \text{ and}$$

$$P_{thermal} = \frac{F_R}{F_B} G_T + 1. \quad (17)$$

【0 0 7 2】

式 17 はリピータ熱雑音プッシュ式を表わし、B T S におけるリピータ熱雑音プッシュ

50

は B T S - リピータリンク利得に対して直線になる。さらに、P t h e r m a l 対 G<sub>T</sub> の勾配は、リピータ基準雑音係数対 B T S 基準雑音係数の比である。ただし、式 4 および 12 を検討すると、リピータ熱雑音プッシュの別の側面が見出せる。

【数 18】

$$P_{thermal} = \frac{k(T_o + T_{ch})G_T G_B + k(T_o + T_{eb})G_B}{k(T_o + T_{eb})G_B} = \frac{N_o^{@BTS repeater} + N_o^{nom}}{N_o^{nom}} = \frac{N_o^{@BTS repeater}}{N_o^{nom}} + 1 \quad (18)$$

【0073】

この式を用いて、以下の述べるように、電力制御式リピータを作動するための有効な方法またはアルゴリズムを生成するのに役立てる。

【0074】

VI. リピータの電力制御の概要

先の説明で、B T S カバレッジエリア内にリピータを追加することで発生する B T S における熱雑音レベルが大きくなることを述べた。前述のように、この現象は、B T S における熱雑音の全体的量の変動を引き起こし、B T S およびリピータカバレッジエリアの両方のカバレッジおよびサービスに悪影響を与える。カバレッジエリア内にリピータを有する B T S に対しては、リピータ実効雑音係数および B T S 実効雑音指数は B T S - リピータリンク利得により関連付けされることが判明した。リピータ実効雑音係数から、リピータ熱雑音プッシュは B T S - リピータリンク利得に対して直線となり、勾配はリピータ基準雑音係数を B T S 基準雑音係数で割った値で与えられることが分かる。

【0075】

前述のように、この現象は、B T S における熱雑音の全体的量の変動を引き起こし、B T S およびリピータカバレッジエリアの両方のカバレッジおよびサービスに悪影響を与える。したがって、変化を検出および制限する能力を有し、リピータ利得を所定のレベルに復元することが望ましい。すなわち、リピータの利得を相対的に一定に維持することが望ましい。

【0076】

これは、リピータ内部、すなわちリピータの動作構造内に無線通信装置、あるいは等価回路または機能を組込むことにより、および組込み W C D の逆方向リンク信号出力をリピータの逆方向リンクに送出することにより、経済的に、複雑性を増すことなく達成できることを見出した。共通逆方向リンクでは、W C D 逆方向リンク電力制御を利用して、リピータ利得を校正できる。これにより、組込み W C D の逆方向リンク電力制御を利用して、リピータ逆方向リンク動作点の自動設定を可能にし、電力制御式リピータを実現することにより、逆方向リンク電力制御と組み合わせ、B T S におけるほぼ一定または変化の小さいリピータ熱雑音プッシュを維持し、リピータ性能を向上させることができる。

【0077】

組込み W C D を用いて、周期的に呼出したまたはリピータと基地局の間の通信セッションを確立し、W C D の逆方向リンク電力制御を利用して、リピータ利得を校正または再校正する。これによりリピータ性能を全体に改良し、リピータ設定の間に、リピータが自動的にダイヤルインして、リピータの使用期間（有効寿命）を通して所望の動作点を確立し、維持できる。この結果、リピータは電力制御式リピータとなる。これにより、リピータの逆方向リンクに有害な影響を与えるリピータ - B T S 経路損失、環境条件、増幅器経時変化、およびユーザ負荷の変化を効果的に補償する。

【0078】

電力制御式リピータはまた、逆リンク方向動作点を安定化し、基本的に、リピータのカバレッジエリア内の遠隔局が過大または過小電力を有する B T S を「ヒット (h i t t i n g)」しないようにする。

【0079】

10

20

30

40

50

# V I 1. 電力制御式リピータ

図 4 には、典型的な電力制御式リピータの一実施形態のブロック図を示す。図はリピータの順方向リンクおよび逆方向リンクの実施において用いる基本構成要素について記載している。図 4 では、リピータ 400 はドナーアンテナ 402 およびカバレージアンテナ 414 を有する。リピータ 400 は 2 つのデュプレクサ 404 および 412、2 つの増幅器 406 および 410、カブラ 408、および固定減衰器 416 を有する順方向リンクを含む。ただし、固定減衰器 416 は実施形態のすべてを実現するのには必要とされない。

## 【0080】

リピータ 400 はまた、2 つのデュプレクサ 404 および 412、結合器 418、増幅器 420、調整または可変増幅器 422、および固定減衰器 424 を使用する逆方向リンクを含む。可変増幅器 422 は、可変減衰器を利用して実現することもできる。無線装置または回路 430 は、逆方向リンクの一部として示す、プロセッサまたはコントローラ 432 に接続された少なくとも 1 つの出力を有する 2 つのリンク（順方向および逆方向）の間に接続されている。

## 【0081】

前述のように、2 つのデュプレクサ 404 および 412 を用いて、順方向リンクおよび逆方向リンク信号を分割または分離する。結合器 418 を用いて、リピータに組込まれた無線装置 430 の出力、送信信号をリピータの逆方向リンク経路に加える。これにより、無線装置は少なくとも 1 つ、一般には唯一の基地局と通信できる。携帯電話通信周波数に有用な典型的なデュプレクサは、セルウェーブ社（Celwave）により部品番号 5043-8-3 として製造されている。

## 【0082】

結合器は、主として逆方向リンクの増幅器チェーンの入力に置かれているが、すべての実施形態に必須のものではない。逆方向リンク信号レベルはこの位置で最低あるため、リピータ無線装置ループを通してリピータ順方向リンクに接続される逆方向リンク電力の量は最小となる。実施形態を実現するのに有用な典型的な結合器は、ミニサーキット社（Minicircuits）により部品番号 ZFSC-2-2 として製造されている。

## 【0083】

カブラまたは電力カブラ 408 を用いて、順方向リンク電力の一部を、リピータ 400 の構造内に組込まれた無線装置 430 の入力に結合する。これに関しては以下に詳しく述べる。無線装置に結合する信号電力について選択される一般値は、20 dB であり、この値は通常十分に小さく、順方向リンク性能を低下させないと考えられる。ただし、リピータ構成部品の残りの部品の設計に依存して、必要に応じて、当業者は異なる結合率を容易に利用できる。典型的なカブラは、ナルダ社（Narda）により部品番号 4242-20 として製造されている。

## 【0084】

携帯電話 430 に提供されるリピータ順方向リンク信号に対して、アンテナ 402、デュプレクサ 404、増幅器 406 および固定減衰器 416 が用いられる。

## 【0085】

この実施形態では、固定減衰器 416 を用いて順方向リンク利得を設定する。順方向リンク利得は、異なるリピーター B T S 経路損失および異なる B T S 送信電力レベルに対して設定される。この調整は、単に異なる同軸減衰機器を手動で挿入するか、または当技術分野で公知の他の多くの自動化方法を用いて達成できる。携帯電話 430 は選択された無線通信方式に対する電力制御アルゴリズムを実行する必要がある。一般的な C D M A 携帯電話では、順方向リンク電力は逆方向リンク送信レベルに対する開ループ予測値を決定することにより、その設計が携帯電話に供給される順方向リンク信号の電力レベルを有するこの基準および減衰器 426 の値を満足する必要がある。

## 【0086】

増幅器 420、固定減衰器 426、および可変増幅器 422 で構成される逆方向リンク利得チェーンの利得を用いて、リピータの逆方向リンク利得を設定する。この方法の一部

10

20

30

40

50

として、いくつかのパラメータが重要である。リピータ雑音指数は、リピータ熱雑音が基地局熱雑音下限値の上に有するブッシュを最小化するように設定される。これは主として、固定減衰器 4 2 6 および可変増幅器 4 2 2 を出力に置くことにより達成される。増幅器の利得は十分高く設定して、減衰器がリピータ雑音指数の上に有する影響を最小化する。

【0087】

固定減衰器 4 2 6 を用いて、リピータカバレッジ内の遠隔局が基地局への信号を「ヒット」または送信する電力レベルを設定する。この減衰器の設定については以下に詳細に述べる。可変利得 4 2 2 を用いて、リピータが現場で作動中の、リピータの逆方向リンク利得を所望の（「正しい」と呼ばれる）動作点に調整する。この設定は、リピータ WCD または電話ループと呼ばれる手段で制御される。これは以下に詳しく述べる。

【0088】

リピータ電話ループはリピータ電話または WCD、マイクロコントローラ、および逆方向リンク（4 2 2）上の可変利得素子、および場合により固定減衰器（4 2 6）から構成される。CDMA 方式通信システムでリピータ 4 0 0 を利用する場合、この実施形態について選択されるリピータ電話は、使用する通信プロトコルに応じて、IS-95 CDMA、CDMA 2000 1X、CDMA 2000 1X/EV、または WCDMA 方式無線装置である。典型的な WCD 4 3 0 は以下に詳しく述べる。ただし、理解されるように、他の種類の装置は、前述のような別の信号プロトコルと共に使用される。

【0089】

WCD または電話 4 3 0 を用いて、BTS と通信し、呼出しを受信し、BTS 電力制御コマンドを解釈し、データを送信する。基本的に、WCD または電話 4 3 0 は通信システムまたネットワーク内の他のあらゆる CDMA 電話と同様に作用する。リピータ電話の、一般的 CDMA 遠隔局と比較した大きな違いは、リピータ電話送信増幅器としてリピータ逆方向リンク増幅器チェーンを利用することである。リピータ電話の電力制御機能はこの増幅器チェーンにより実行され、内部 WCD または電話送信増幅器によらない。これにより、リピータ電話にリピータの逆方向リンク利得を電力制御する能力を与える。

【0090】

一実施形態では、これは、リピータ WCD または電話内で生成される内部自動利得制御（AGC）信号をインタセプトするかまたは取り出すことにより達成する。基本的に、WCD 内の AGC ラインは送信増幅器入力で遮断され、マイクロコントローラを通過後、可変利得増幅器 4 2 2（G 4）に接続される。これは、この機能に対して WCD を再構成するか、または回路接続の簡単な変更により装置を改装して、AGC 信号ラインをリピータの回路への別の接続のためのコネクタに結合することにより、容易に達成される。当業者には、このような変更を達成する方法は容易に理解されるであろう。このとき、AGC 信号はその出力電力を調整しないため、内部のリピータ WCD 送信増幅器はリピータ逆方向リンク増幅器チェーンへの「固定利得」前置増幅器として使用される。1 つの CDMA 実施形態では、リピータ WCD 送信増幅器の利得を設定して、WCD 送信出力ポート（通常アンテナ出力）において約 -50 dB で送信する。この送信電力レベルは一般に、リピータ WCD の最低送信電力レベルであり、リピータ安定性のために選択される。

【0091】

リピータが BTS のセルカバレッジの縁端部またはその近くに置かれる場合、選択される少なくとも 1 つの増幅器 4 2 2 の増幅器出力が相対的に高いことが望ましい。一実施形態では、増幅器を通常最大値と予測されるピーク値より約 10 dB 低い値に設定することにより、リピータを BTS カバレッジの縁端部に設置できるようにし、さらに 10 dB の幅を有して、温度ドリフトおよびリピータ増幅器の経時変化などを補償するようにする。増幅器利得のこの 10 dB の最少減衰は控えめ見積り値であって、この値は良好なリピータ機能を十分に保証しなければならない。

【0092】

マイクロコントローラ 4 3 2 を用いて、このコントローラを備えないときは WCD ユーザまたは自動化システムにより提供される、いくつかの WCD 動作または操作を実行する

10

20

30

40

50

。例えば、マイクロコントローラ 432 は WCD または電話 430 と通信して、入力の「呼出し」があるときは、通信リンクを開くよう返答または試みて、呼出しを通して WCD 430 から増幅器 422 の電力制御コマンド送り、増幅器出力レベルを電力制御が安定したレベルに保持し、その後、リンクが必要でないかまたは適正でないときに、「電話をハングアップ (hang-up)」またはサービスを終了または呼出しを取り外す。

#### 【0093】

マイクロコントローラ 432 は主として、例えば、本明細書で述べる機能を実行するようにプログラムされたソフトウェア制御のプロセッサまたはコントローラ、様々なプログラマブル電子装置、またはコンピュータ、マイクロプロセッサ、1つまたは複数のデジタル信号プロセッサ (DSP)、専用の機能回路モジュールを利用するハードウェア、および特定用途向け集積回路 (ASIC) またはプログラマブルゲートアレイ (PGA) などのハードウェア構成部品で実現できる。本明細書の述べる機能を実行するハードウェア状態マシンの実現は、当業者には明らかである。WCD が十分な処理能力を有する場合、WCD 内で以下に述べるようなマイクロコントローラ 432 を実現して、ハードウェアを削減できる。マイクロコントローラ 432 は、機能を説明するために 400 で示し、WCD 430 の外部または内部に置くことができる。

#### 【0094】

実施形態がソフトウェアを利用して実現される場合、ソフトウェアはコンピュータプログラム製品に格納し、取り外し可能記憶ドライブ、メモリチップまたは通信インタフェースを利用してシステム内にロードされる。実行するとき、制御ロジック (ソフト) により、コントローラは本明細書に述べる特定機能を実行する。

#### 【0095】

マイクロコントローラは WCD 430 から逆方向リンク利得制御コマンドを受け取り、このコマンドを約 800 dB/se c レート以下に減速して、増幅器 422 に出力する。電力制御コマンドの減速は、リピータカバレッジエリア内の遠隔局の電力制御を、WCD 430 の電力制御に整合させるために行なう。

#### 【0096】

リピータカバレッジエリア内の遠隔局がリピータ逆方向リンクを通過するため、リピータ逆方向リンク内のどのような変化によっても、BTS が電力制御コマンドをこれら遠隔局に送信して、補償する。WCD 430 が電力制御を用いてリピータ逆方向リンク利得を変化させる処理中にある場合、リピータカバレッジ内の遠隔局の送信電力は安定しない、このとき、これら遠隔局は BTS に別の妨害を与える。この妨害により、別の電力制御コマンドが WCD 430 を含む全遠隔局に発行され、不安定な結果を生じる。

#### 【0097】

この起こる可能性のある不安定性は、WCD 430 の制御を、リピータカバレッジ内の遠隔局の電力制御に比べて大幅に低いレートでリピータ 400 の逆方向リンク利得を制御するようにして、安定化される。基本的に、リピータ逆方向リンク利得制御間に十分な時間を認めて、遠隔局がそれら固有の電力制御値に安定するようにする。

#### 【0098】

一実施形態では、リピータ逆方向リンク利得の電力制御レートは約 80 dB/se c に設定する。このレートは、リピータカバレッジ内の一般的な CDMA 方式の遠隔局でなされる電力制御レートに比べて約 10 分の 1 の速さである。これは控えめの予測値であって、この値は電力制御安定性を維持するのに十分でなければならない。GSM または TDMA 方式などの他の方式の通信信号標準に対しては、電力制御レートは一般にさらに遅くなり、したがって、これらシステムの電力制御レートは適正な値またはレートで設計される必要がある。

#### 【0099】

一般に、呼出しは別の電話、モデムまたは WCD (BTS 内のような) から WCD 430 になされ、この呼出しは最短時間の期間維持される必要がある。この時間ウィンドウは十分長く、呼出しを終了する前に、マイクロコントローラ 432 が増幅器 422 の利得を

10

20

30

40

50

調整し、逆方向リンク利得をその正しい動作点に安定させることができればならない。これは、B T S が最短約 30 秒間この呼出しを維持し、リピータのマクロコントロールが増幅の調整を約 2 秒ウィンドウ以内に実行すると仮定している。これらは控えめの予測値であって、この値は一般的なリピータ設計で良好な機能を保証しなければならず、また場合により変更可能でなければならない。

#### 【0100】

市販のリピータでは、必要に応じて、マイクロコントローラはリピータアラームモニタまたは他の機能用に利用できる。

#### 【0101】

前述のように、固定減衰器 426 を用いて、リピータカバレッジ内の遠隔局の電力レベルが B T S をヒットする程度を設定する。リピータカバレッジ内の遠隔局が最初に、それらが必要な  $E_b / N_t$  より低いレベルで B T S をヒットするのが望ましい。これにより、リピータカバレッジ内の遠隔局が過大な電力で B T S をヒットして、追加の妨害を発生しないことを保証する。一実施形態では、減衰器 426 の選択される値は、リピータカバレッジ内の遠隔局の送信電力レベルが必要な  $E_b / N_t$  より約 5 dB 低いレベルで B T S をヒットする値とする。この値は、閉ループ調整係数として選択される。閉ループ電力制御が作用して、安定した後、リピータカバレッジ内の遠隔局はそれに必要な  $E_b / N_t$  のレベルに達する。リピータカバレッジ内の遠隔局の必要な  $E_b / N_t$  は約 6 dB であり、この  $E_b / N_t$  は、B T S が一般に必要とされるフレーム誤り率の約 1 % に相当すると仮定されるが、必要に応じて、別のレートを用意できる。これらの値は開始点として選択され、実験データを収集後に変更できる。この理由は、必要な  $E_b / N_t$  はネットワークまたは通信システムの条件に応じて変更できるからである。

#### 【0102】

遠隔局がリピータカバレッジ内にある状態に対して望ましいのと同様に、W C D 430 が最初に、それが必要な  $E_b / N_t$  より低いレベルで B T S をヒットして、W C D が B T S に追加の妨害を発生しないことを保証するのが望ましい。したがって、可変利得増幅器の設定は、リピータ電話の送信電力レベルがそれに必要な  $E_b / N_t$  より 10 dB レベル、または 10 dB の閉ループ調整係数で B T S をヒットするように設定される。この 10 dB の値を選択して、前述のように、10 dB の最少必要減衰またはマージンに適合させる。増幅器の最少マージンが小さい場合、実験データの収集および／またはシステム試験後、またはそれに伴って発生するとき、閉ループ補正係数は同一量だけ減少できる。

#### 【0103】

図 4 には可変利得増幅器 422 を示しているが、当業者には、別の方法を利用して有効に出力電力を制御できることは理解されるところである。例えば、前述のように、増幅器 422 の代わりに入力と直列に置かれた可変減衰器を有する固定利得増幅器を用いて、入力信号電力レベルを調整することにより信号利得量を調整できる。図 5 はこれを示しており、図では、リピータ 500 はリピータ 400 と同一素子の多くを使用し、W C D の別の信号処理および信号結合に適応する変更を行なっている。

#### 【0104】

図 5 では、可変利得増幅器 422 の代わりに、ステップ減衰器 522 が固定減衰器 524 とともに使用されている。マイクロコントローラ 432 からの制御信号またはコマンドは、ステップ減衰器 522 の入力値を変化させて、入力信号電力レベルを調整することにより信号利得量を調整する。ヴァインシュル社 (Weinschel) から入手できるモデル番号 3206-1 などのステップ減衰器を、この機能用に利用できる。

#### 【0105】

さらに、図 5 のリピータを W C D と対話するように構成し、アンテナを通して信号を駆動または転送する回路を含む独立電話として作動する。ここでは、完全なまたは実際の電話を、受け台または同様の機構を用いて電話を所定の位置に固定することにより、リピータ内で使用し、リピータ内の外部回路との相互接続を実現する。この状態では、必須ではないが、別個のマイクロコントローラ 432 を使用してもよい。信号を電話との間で結合

10

20

30

40

50

する別の手段を用いることも可能である。

#### 【0106】

この別の構成では、サーキュレータ (circulator) 514を用いて信号を電話との間で結合して、信号をリピータ電話530のアンテナまたはアンテナコネクタ、あるいは同様の入力／出力との間で転送できる。ユーテ・マイクロウェーブ社 (Ute Microwave) から入手できるモデル番号CT-1058-0などのサーキュレータを、この機能用に利用できる。サーキュレータ514を用いて、リピータ電話受信および送信を分割し、およびこれら2つの信号間の分離を実現する。この設計のために選択されるサーキュレータは一般に、リピータの安定性を保証するのに十分な約20dBの分離を有する。

#### 【0107】

図5には2つの減衰器516および526も示されている。先に説明した減衰器416および426それぞれと同様の方法で、減衰器516を用いてサーキュレータ514に転送される電力量を調整でき、一方、減衰器526を用いて結合器418に転送される電力量を調整できる。

#### 【0108】

VII.1. 典型的な無線通信装置

図6および7には、WCD430を実現するのに有用な2つの典型的な無線通信装置を示す。

#### 【0109】

図6では、リピータ電話630はアナログまたはデジタル信号受信機604から入力信号を受け取るモデム602を有し、この受信機604は前述の固定減衰器416から信号を受け取るように接続されている。典型的なモデムは、クアルコム社 (Qualcomm Incorporated) で製造される、CDMA電話用の、モデム番号MSM3100、MSM5xxx (5050、5100、5200、5500等) または6xxx (6050、6100、6200、6500等) などの公知のいくつかの移動局モデム (MSM) の一つである。リピータ電話630はまたAGC出力を有し、この出力は一般にRCフィルタ606を通して送信電力増幅器608に導かれる。AGC信号はAGC制御ライン610上を転送される。制御ライン610は、図6で切断部612として示されており、これはリピータ400に組込むために有用な電話を形成するのに実施されている変更の記号である。AGCラインは方向を変えて導かれ、前述のように、マイクロコントローラ432に転送されるAGC出力616を形成する。一般に、転送回路または増幅器を望ましい最低レベルの出力に設定するために、AGC信号に用いる入力はグラウンドレベル点614に接続できる。

#### 【0110】

なお、マイクロコントローラ432はリピータ電話630から分離するか、または、リピータ電話の処理能力が十分な容量を有する場合、リピータ電話630の一部として内蔵できる。例えば、典型的なCDMA無線装置は、高性能な組込みプロセッサおよび一定量の付随メモリまたはプログラム記憶を備える1つまたは複数の集積回路を使用する。例えば、実施形態のいくつかは、組込まれたARM型プロセッサ等を含むことができる。このような素子を用いて、マイクロコントローラ432に関連する機能を実行し、可変利得増幅器または信号減衰器の動作を制御するための接続または信号出力を提供する。このような理由により、破線632を用いて、マイクロコントローラ432の機能または動作が使用される通信装置内に組込まれていることを示している。

#### 【0111】

図6はまた、呼出し通知を提供するモデム602に関連するかまたは組込まれた回路を接続する出力／入力ライン618を示す。この呼出し通知は、電話が「鳴っている」ことを示し（呼出しベル一般にはこの用途では有用でないが）、また、電話の接続を「ピックアップ (pick-up)」または「ハンガアップ」するために信号をモデムに提供する。これを選択するための電話ユーザが押す一連のボタンがないため、この入力はマイクロ

10

20

30

40

50

コントローラから提供される。

#### 【0112】

さらに、モデム602は、ここで述べるコマンドおよび動作に適応するためのコントローラおよび内部メモリを備えることができるが、リピータ電話630内に1つまたは複数の別個または追加メモリまたは記憶素子620を含むことにより、必要に応じてコマンド、データ、命令等を格納する場所を備えることができる。メモリはすべてのプロセッサ読出し可能な媒体を指し、例えば（ただし、これに限定されない）RAM、ROM、EPROM、PROM、EEPROM、ディスク、フロッピーディスク、CD-ROM、DVD等の、プロセッサにより実行される一連の命令を格納する媒体を含む。

#### 【0113】

図7には、典型的なスペクトル拡散無線ユーザ端末700を示しており、この端末はアナログ受信機704を用いて、受信、ダウンコンバート、増幅、および受信した信号をデジタル化する。アナログ受信機704によるデジタル通信信号出力は、少なくとも1つのデジタルデータ受信機706Aおよび少なくとも1つの探索受信機708に転送される。当業者には明らかなように、追加のデジタルデータ受信機706B～706Nを用いて、許容できるユニットレベルの複雑性に応じて、所望のレベルの多様な信号を得ることができる。

#### 【0114】

少なくとも1つの制御プロセッサ720が探索受信機718と共にデジタルデータ受信機216A～216Nに結合され、これにより、多くの機能の中でも特に、基本信号処理、タイミング、電力およびハンドオフ制御または整合を可能にする。制御プロセッサで実行されることの多い別の基本制御機能は、CDMA通信信号波形の処理に用いられるPNコードシーケンスまたは直交周波数の選択または操作である。制御プロセッサ720の信号処理は関連信号強度の決定および様々な関連信号パラメータの計算を含み、これらには、受信信号強度インジケータ(RSSI)714などの追加または別個の回路の使用を含む。

#### 【0115】

デジタルデータ受信機706A～706Nの出力は、加入者ユニット内のデジタルベースバンド回路712結合される。ユーザのデジタルベースバンド回路712は通常、処理および表示素子を用いてユーザ端末との間で情報を転送する。前記素子には、例えば一時的または長期間デジタルメモリのような信号またはデータ記憶素子、および、表示スクリーン、スピーカ、キーパッド端末、およびハンドセットが挙げられる。この用途においては、現地サービスを除いて、これら素子は必ずしも必要ではない。A/D素子、ボコーダ(vocoder)および他の音声、および当技術分野で公知の素子を用いる、端末ベースバンド回路部分からのすべてのアナログ信号処理素子も含まれる。多様な信号処理を利用する場合、ユーザデジタルベースバンド回路712は多様な結合器および復号器を備えることができる。これら素子の一部は、制御プロセッサ710の制御の下で、またはこれと通信して、作動することもある。

#### 【0116】

さらに、ベースバンド回路712は一般に、ここで述べるコマンドおよび動作に適応するメモリを含むが、1つまたは複数の別個または追加メモリまたは格納素子722（前述の説明のような）を、リピータ電話700内に含むことにより、必要に応じてコマンド、データ、命令等を格納する場所を提供することができる。

#### 【0117】

音声または他のデータが、加入者ユニットで発生する出力メッセージまたは通信信号として生成される場合、ユーザのデジタルベースバンド回路712は、送信する所望のデータを受信、格納、処理、および生成するのに用いられる。この用途では、このようなデータは最少であり、単に、通信リンクを確立するかまたは検出された信号強度を表わすために使用される。ベースバンド回路712はこのデータを、制御プロセッサ710の制御の下で作動する送信モジュール716に提供する。この制御プロセッサ710は、最終送

10

20

30

40

50

信のためのアナログ送信電力増幅器 730 に出力電力制御信号を提供するデジタル送信電力コントローラ 718 に接続される出力を有する。受信された通信信号あるいは 1 つまたは複数の共有資源信号の測定された信号強度に関する情報は、当分野で公知の様々な方法を用いて、例えば情報をベースバンド回路 712 で生成された別のメッセージに添付して、基地局に送信できる。別の方法では、情報は、制御プロセッサ 710 の制御により、所定の制御ビットとして挿入できる。

#### 【0118】

アナログ受信機 704 は受信された信号の電力またエネルギーを表わす出力を提供できる。あるいは、受信された信号強度表示素子 714 は、アナログ受信機 704 の出力をサンプリングし、当分野で公知の処理を実行することによりこの値を決定できる。通常使用では、この情報を、送信電力増幅器 720 または送信電力コントローラ 718 が直接使用して、送信信号の電力を調整できる。この情報を、制御コントローラ 710 が利用して、これら別の素子に対する AGC 制御信号を生成することもできる。

#### 【0119】

デジタル受信機 706A~N および探索受信機 708 を信号相関素子で構成して、特定信号の復調および追跡をする。探索受信機 708 を用いてパイロット信号の探索を行い、一方、デジタル受信機 706A~N を用いて、検出されるパイロット信号に関連する別の信号（トラフィック）を復調する。このように、これらユニットの出力を監視することにより、パイロット信号または他の共有資源信号のエネルギーを決定できる。したがって、これは、信号強度表示素子 714 または制御プロセッサ 710 のいずれかを用いても達成される。

#### 【0120】

図 4 および 5 で前に示したものと同様に、図 6 および 7 に示した WCD は、複雑な「電話」と異なり、単一の制御モジュールまたはデバイスの一部を形成できる。この場合、前述のように、このデバイスは、一定の電力範囲または振幅およびタイミング内の信号を受け取るように設計でき、それにより減衰器 416 または 426 の一方または両方を使用する必要がなくなる。

#### 【0121】

本発明において、BTS から信号を受信し、これら信号上でまたはこの信号に応答して作動し、適正な電力コマンドまたは信号を生成または使用できる。これら信号には、組込まれる WCD の動作に不可欠の電力アップ/ダウンコマンドを含む。WCD 430 で実行されるこの電力制御機能を除いては、別の信号を処理するための多くの素子、例えばスクリーン表示装置、呼出し音、音楽、ビデオ等はこの機能に必要とされない。さらに、少数の複雑な素子を利用する方法で WCD 430 を設計する場合、WCD で使用されるプロセッサまたはコントローラは、WCD 430 およびマイクロコントローラ 432 の両方に機能を実行するために、十分なまたは過大な能力または処理サイクルを有するようになり、これはコストおよび複雑性を低減させるのに有効である。さらに、別の動作に関連する情報を格納するのに用いられるメモリおよび他の素子を、電力制御機能を処理することから解放することもできる。

#### 【0122】

##### I X. 電力制御式リピータの動作分析

BTS カバレッジエリア内のリピータを、一定の負荷状態で、妨害電波のない状態で使用すると、遠隔局の逆方向リンク  $E_b/N_o$  式は、完全な電制御の下で、以下のようになる。

#### 【数 19】

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{\frac{(M-1)P(1+i)}{W}} S + \left( N_{\text{repeater}}^{@BTS} + N_o^{\text{nom}} \right) R, \quad (19)$$

【0123】

式中、Sは遠隔局の受信信号電力であり、Mはユーザ数、 $\nu$ は音声有効係数、 $i$ は他のセクタからの妨害率である。

【0124】

$S_R$ が粗込みWCDの送信電力と定義される場合、電力制御式リピータに粗込まれたWCDの $E_b/N_o$ は以下になる。

【数20】

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S_R G_T G_B}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} S_R G_T G_B + (N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}})} \frac{1}{R}. \quad (20)$$

10

【0125】

リピータ熱雑音プッシュ  $P_{\text{thermal}}$  の項内ではこれは、以下になる。

【数21】

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S_R G_T G_B}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} S_R G_T G_B + N_o^{\text{nom}} P_{\text{thermal}}} \frac{1}{R}. \quad (21)$$

20

【0126】

逆方向リンク利得（図4の $G_3$ 、 $G_4$ ）の $\gamma$ の変動により、BTSーリピータリンク利得およびBTSでのリピータ熱雑音寄与の両方は、同様に $\gamma$ により変動するようになる。逆方向リンクの閉ループ電力制御が、式20と同一 $E_b/N_o$ を得るために、粗込みWCDの送信電力の $\alpha$ の変化を要求する場合、以下の式になる。

【数22】

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{(\alpha S_R)(\gamma G_T) G_B}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} (\alpha S_R)(\gamma G_T) G_B + (\gamma N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}})} \frac{1}{R}. \quad (22)$$

30

【0127】

上の式から、BTSにおけるリピータ熱雑音プッシュの変化は、リピータ逆方向リンク利得の変動に一致するといえる。さらに詳細には、 $\rho$ をBTSにおけるリピータ熱雑音プッシュの変化とすると、以下のようになる。

【数23】

$$N_o^{\text{nom}} (P_{\text{thermal}} \rho) = \gamma N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}}, \quad (23)$$

40

【数24】

$$P_{\text{thermal}} \rho = \frac{\gamma N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}}}{N_o^{\text{nom}}} = \frac{N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}}}{N_o^{\text{nom}}} \gamma + 1 = (P_{\text{thermal}} - 1) \gamma + 1, \quad (24)$$

【数 2 5】

$$\rho = \frac{(P_{\text{thermal}} - 1)\gamma + 1}{P_{\text{thermal}}} \quad (25)$$

【0 1 2 8】

上記を置き換えると、以下が得られる：

【数 2 6】

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S_R G_T G_B (\alpha \gamma)}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} S_R G_T G_B (\alpha \gamma) + N_o^{\text{nom}} P_{\text{thermal}}(\rho) R} \cdot 1 \quad (26)$$

10

【0 1 2 9】

式 2 6 から、完全な電力制御状態における前の式と同一  $E_b / N_o$  を得るには、 $\alpha \gamma = \rho$  であることは明らかである。したがって以下のようになる。

【数 2 7】

$$\alpha \gamma = \rho = \frac{(P_{\text{thermal}} - 1)\gamma + 1}{P_{\text{thermal}}}, \text{ and } \gamma = \frac{1}{P_{\text{thermal}}(\alpha - 1) + 1} \quad (27)$$

20

【0 1 3 0】

式 2 7 から、B T S における基準リピータ熱雑音プッシュを仮定すると、組込み W C D の送信電力の変化からリピータ逆方向リンク利得の変化を予測して、相殺でき、したがって、B T S における基準リピータ熱雑音プッシュをほぼ一定に維持できる。B T S における基準リピータ熱雑音プッシュの  $\alpha$  と  $\gamma$  の関係、図 1 0 で 1、2、および 3 d B のプッシュ値を用いて、ライン 1 0 0 2、1 0 0 4、および 1 0 0 6 でそれぞれ示される。

【0 1 3 1】

X. 電力制御式リピータの設計

30

リピータが使用する通信システムの公知の形態およびパラメータを利用して、与えられたシステムについて電力制御式リピータを設計する場合、いくつかの特定の問題点がある。これらはリピータの順方向リンク電力増幅器出力、リピータ利得、順方向リンク上の利得の分布、逆方向リンク上の利得の分布、リピータの基準雑音係数、および組込み無線通信装置の利得分布に関係する。

【0 1 3 2】

1. 順方向リンク電力増幅器出力

順方向リンク電力増幅器出力についての設計パラメータは主として、所望の地理的カバレッジまたはサービスエリアの大きさで決定される。この出力は一般に、最大平均電力  $W_R$  で表わされる。ただし、リピータの順方向リンク上の瞬時電力は  $W_R$  よりかなり大きい  
ため、実施形態では、順方向リンク電力増幅器出力性能を、リピータの最大瞬間電力と同じ程度の出力に選択または設定する。厳密には必要とされないが、これは飽和を避ける必要があり、最大瞬間電力は、C D M A ネットワークの最大平均電力をピーク対平均の比で割った値に関係する。

40

【0 1 3 3】

2. リピータ利得

リピータの利得の計算では、順方向リンク利得  $G_F$  および逆方向リンク利得  $G_R$  はほぼ等しいと仮定する。B T S - リピータリンク利得  $G_T$  は単に、目標の順方向リンク電力増幅器出力  $W_R$  と B T S の電力増幅器出力  $W_B$  (一般に 2 5 W) との比である。

【0 1 3 4】

50

リピータの利得  $G_R$  を算出するために、 $G_T$  をリピータのドナーアンテナの利得  $G_d$ 、ビータのドナーアンテナと基地局アンテナの間の対象経路の損失  $L_p$ 、および基地局アンテナのアンテナ利得  $G_a$  で割る。したがって、 $G_R$  は以下の式で表わされる。

【数 28】

$$G_R = \frac{G_T}{G_d L_p G_a} = \frac{W_R}{W_B} \frac{1}{G_d L_p G_a} \quad (28)$$

【0135】

3. リピータ順方向リンク上の利得の分布

10

図 4 から、電力制御式リピータの順方向リンク利得 (dB) は、次のように分解できる。

【数 29】

$$G_R = G_1 + G_2 + \text{カブラ損失} + 2 \text{ (デュプレクサ損失)} \quad (29)$$

【0136】

増幅器 406 について値  $G_1$ 、組込み WCD に対して順方向リンクカブラ (408)、および組込み WCD について順方向リンク減衰器 (426) を選択すると、組込み WCD が適正量の順方向リンクオーバーヘッドチャネル電力 (パイロット、ベージング、および CDMA システムの同期化などの信号による利用のため) を受信することが重要であり、これを達成するための最低必要条件は一般に、CDMA 方式通信システムでは -85 dBm のオーダーである。他の方式のシステムまたはプロトコルは異なる値を有することができる。

20

【0137】

4. 逆方向リンク上のリピータ利得の分布

順方向リンク利得および逆方向リンク利得が基本的に同一 (または関係を維持するのに十分) であることは、安全な仮定であるため、電力制御しきいリピータの逆方向リンク利得の同様に  $G_R$  であり、図 4 から、dB で表わして、以下のように分解できることが分かる。

30

【数 30】

$$G_R = G_3 + G_4 + \text{カブラ損失} + 2 \text{ (デュプレクサ損失)} \quad (30)$$

【0138】

上の式から、WCD 430 は増幅器 422 の値  $G_4$  を調整して、BTS におけるリピータ熱雑音プッシュをほぼ一定に維持するよう作動する。理論的に、 $G_4$  を変化させることは、リピータの基準雑音係数  $F_R$  を変化させることになる。ただし、安全な仮定として  $F_R$  が一定と仮定でき、また増幅器 420 に十分な利得 ( $G_3$ ) を割り当てることにより、 $F_R$  を基本的に一定とできる。

40

【0139】

特に、 $G_4$  の予測される変化 (WCD につき) および増幅器 422 ( $G_4$ ) の予測される雑音係数から、 $F_R$  の変化が特定の所定の量より小さい変化であるためには、利得  $G_3$  の値がどの程度の大きさの dB で基準  $G_4$  値を超えるかにより計算できる。例えば、 $G_4$  が 10 dB の変化する予測される場合、 $G_4$  の予測される変化から、 $F_R$  の変化が 1%未満の変化であるためには、 $G_3$  は基準  $G_4$  を約 40 dB 超えると結論される。このとき、以下の制約がある。

【数 3 1】

$$G_3 = G_4 + 10 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = G_4 + 50 \text{ dB}. \quad (31)$$

【0 1 4 0】

これは  $G_R$  の式が、dB で表わして、以下の式になることを意味する。

【数 3 2】

$$G_R = (G_4 + 50 \text{ dB}) + G_4 + \text{カブラ損失} + 2 \text{ (デュプレクサ損失)}, \text{ および} \quad 10$$

$$G_4 = 0.5 (G_R - \text{カブラ損失} - 2 \text{ (デュプレクサ損失)} - 50 \text{ dB}) \quad (32)$$

【0 1 4 1】

したがって、利得  $G_4$  の値が決定されると、利得 ( $G_4$ ) の変化の別の値に注意して、利得  $G_3$  は式 3 1 から得ることができる。または必要に応じて、どの程度の大きさで 1 つの利得が与えられた変化パーセント ( $F_R$ ) の別の値 ( $G_3$ 、 $G_4$ ) を超える必要があるかが使用される。

【0 1 4 2】

5. リピータの基準雑音係数

リピータの基準雑音係数  $F_R$  は開ループターンアラウンド定数  $k$  で決まる制約から導くことができる。CDMA 通信システムでは、開ループターンアラウンド定数  $k$  は、公知の理由のため無線通信装置における「配線」であり、その最初の 3 項は以下になる。

【0 1 4 3】

$$k = (p t)_c - 134 + (NF)_c + \dots$$

ここで、

$$(p t)_c = 10 \log_{10} (W_B) = \text{最大 BTS 電力増幅器出力 (dBm)}$$

および

$$(NF)_c = 10 \log_{10} (F_B) = \text{BTS 雑音指数 (dB)} \quad 30$$

リピータカバレッジエリア内の遠隔局に対しては、 $(p t)_c$  は、リピータの順方向リンク電力増幅器出力  $10 \log_{10} (W_R)$  となる。さらに、 $(NF)_c$  はリピータの実効雑音指数を意味する。ただし、 $k$  は遠隔局内の「配線」であるため、 $(NF)_c$  を  $(p t)_c$  の変化を相殺するように設定できる。さらに詳細には、リピータカバレッジエリア内の遠隔局に対しては、代わりに、以下の式の  $(NF)_{c \text{ receiver}}$  を有する。

【数 3 3】

$$(NF)_{c \text{ receiver}} = 10 \log_{10} (F_s) + [10 \log_{10} (W_s) - 10 \log_{10} (W_R)] = 10 \log_{10} \left( F_s \frac{W_s}{W_R} \right) \text{ (dB)} \quad 40$$

【0 1 4 4】

したがって、「配線」開ループターンアラウンド定数  $k$ 、リピータカバレッジエリア内の遠隔局の検知から有効に維持するために、リピータの実効雑音係数の目標を決定することを考慮する。

【数 3 4】

$$EF_R = F_B \frac{W_B}{W_R}. \quad (33)$$

【0 1 4 5】

これは、以下の式になる。

【数 3 5】

$$EF_R = F_R + \frac{F_B}{G_T}.$$

10

【0 1 4 6】

B T S - リピータ利得 (G<sub>T</sub>) はリピータ順方向リンク電力増幅器出力と B T S 電力増幅器出力の比に設定されるため、以下のようになる。

【数 3 6】

$$EF_R = F_R + \frac{F_B}{\frac{W_B}{W_R}} = F_R + F_B \frac{W_R}{W_B}. \quad (34)$$

20

【0 1 4 7】

これらの関係を見ると、式 3 3 の条件に正確に適合できないように見えるが、これらは、以下の場合には、所望の値に近いリピータ実効雑音係数を確立できる。

【数 3 7】

$$F_R \ll F_B \frac{W_B}{W_R}.$$

【0 1 4 8】

6. 組込み W C D の利得の分布

30

組込み W C D については、リピータ内のこの組込み W C D の順方向リンク経路の利得は、リピータ内のその逆方向リンク経路の利得に等しくなければならない。特に、組込み W C D 4 3 0 の逆方向リンク減衰器 (4 2 6)、A T T 2 は以下のように設定される必要がある。

【数 3 8】

$$G 1 + \text{カブラ損失} + A T T 1 = A T T 2 + \text{コンバイナ損失} + G 3 + G 4 \quad (35)$$

【0 1 4 9】

X I. 電力制御式リピータの設置

40

電力制御式リピータの設置は図 8 に示されており、従来のリピータに類似しているが、追加のステップを 1 つだけ含む。この追加ステップは組込み W C D 上に呼出しを出し、基準送信電力を確立して、B T S におけるリピータの基準熱雑音寄与に調和させることである。一方、図 8 に示すように、電力制御式リピータを設置するには、最初にステップ 8 0 0 で、所望のサービスエリア内に物理的に配置し、位置決定する。次にステップ 8 0 2 でリピータの順方向リンク利得を調整して、目標の順方向リンク電力増幅器出力を達成し、ステップ 8 0 4 でリピータまたは B T S の逆方向リンク利得を調整して、順方向リンクと逆方向リンクの平衡を取る。次にステップ 8 0 6 で組込み W C D の基準送信電力を確立する。ステップ 8 0 8 で設置工程が完了するが、ステップ 8 1 0 で B T S に対し周期的に「呼出し」を出して、経路特性等に変化に基づいてリピータ設定を更新する。

50

## 【0150】

1. 順方向リンク電力増幅器出力を設定する

先に述べたように、目標のリピータ順方向リンク電力増幅器出力 $W_R$ は所望のカバレージエリアの大きさにより決まる。 $W_R$ に一致させるには、増幅器406の利得 $G_1$ は、適正な順方向リンクのオーバーヘッドチャネル電力を組込み $W_{CD}$ に提供するように選択されているため、図4の増幅器410の $G_2$ の値を調整する。

## 【0151】

2. 順方向リンクと逆方向リンクを平衡させる

設定された電力制御式リピータの順方向リンク利得を用いて、次のステップで、BTSおよびリピータカバレージエリア両方内の順方向リンクと逆方向リンクを平衡させる。リピータの逆方向リンク利得を調整すると、BTSカバレージエリアの順方向リンクおよび逆方向リンクを不平衡状態のままに残すため、BTSの逆方向リンク利得を調整して、この作業を完成させる。

## 【0152】

ただし、BTSの逆方向リンク利得の調整が一般に可能でない場合、 $G_4$ の値においてリピータの逆方向リンク利得を最大に維持する必要があることから、図4の増幅器410の利得 $G_3$ の値を調整してリンクの平衡を得ることができる。

## 【0153】

順方向リンクおよび逆方向リンクの平衡を取ると、BTSにおけるリピータの基準熱雑音プッシュも同様に設定される。

## 【0154】

3. 組込まれた加入者ユニットの基準送信電力を確立する

先のセクションから、順方向リンクおよび逆方向リンクの平衡を取った後、BTSにおけるリピータの基準熱雑音プッシュが設定される。所定の基準プッシュを用いて、設置の最終ステップでは、組込み電話または $W_{CD}$ 上に呼出しを出し、基準送信電力を確立して、基準プッシュを整合させる。

## 【0155】

設置後、周期的呼出しを組込み $W_{CD}$ に出し、リピータの逆方向リンク利得の変化を検出、予測、および相殺できる。

## 【0156】

X11. 多重周波数リピータ

前述の実施形態は電力制御式リピータを利用して、リピータまたはそれを通して通信する基地局の低雑音レベルを達成するが、追加の利点は、多重周波数リピータを利用することにより実現できる。すなわち、リピータは2つまたはそれ以上の周波数 $f_1$ および $f_2$ で通信可能になる。

## 【0157】

前述の説明では、基地局とリピータ間で転送される信号について単一中心周波数 $f_1$ を使用した。この周波数はリピータと遠隔局の間で信号を転送するのに用いられる周波数と同一である。すなわち、順方向および逆方向リンクを別個のチャネルに分割することを除いて、遠隔局の構成は、基地局と通信するのに使用する周波数と同一周波数でリピータと対話または通信するように構成される。

## 【0158】

これは、リピータを一般的に構成する方法であり、遠隔局が移動してセルまたはセクタに入りおよびそこから出る場合、および適宜基地局と（リピータではない）通信する場合に意味を持つ。遠隔局での動作をほぼ一定に維持して、基地局およびリピータが通信を処理するのに追加の複雑性を必要としないようにすることが望ましい。さらに、通信装置が、それらに追加されるのと同様な過度の変更または複雑性を伴わずに適応できることを確認する必要がある。

## 【0159】

ただし、リピータが第2周波数 $f_2$ で遠隔局または基地局のどちらかと通信する場合、

10

20

30

40

50

通信システムは、リピータにより操作される遠隔局として改良された負荷または追加容量を得ることができるか、またはリピータ自体がBTSおよび遠隔局に対し小さい妨害しか与えない。

#### 【0160】

リピータと基地局とのリンクについて、リピータと遠隔局とのリンク( $f_1$ )と異なる周波数( $f_2$ )を使用するリピータ構造を選択することにより、組込みWCDは第2周波数 $f_2$ で動作でき、一方、WCDについての電力制御コマンドにより、 $f_1$ および $f_2$ 利得段の両方は電力制御を満足するように、それぞれの利得を変更できる。代替方法では、電力制御調整の構成は、 $f_1$ または $f_2$ だけの信号、あるいはこの2つの周波数の特定の組合せを用いて、WCDがすべての利得制御を実現するように構成できる。

#### 【0161】

別の実施形態では、通信システムが複数の周波数を使用して容量および負荷を増加する場合、リピータは広帯域特性にでき、複数の周波数を基地局から遠隔局に通達させ、遠隔局から複数の周波数(チャネル)を受信し、これらを基地局に送り返す。この構成では、リピータ内のWCDの電力制御コマンドはチャネルの1つから得ることができ、このチャネルが全チャネルの利得を同様に變更可能にするか、またはWCDが異なるチャネル上で呼出しに入り、これらチャネル上で電力制御コマンドを処理して、全チャネルの利得を同様に變更可能にするか、またはWCDが異なるチャネル上で呼出しに入り、これらチャネルについてだけ利得變更を可能にする。

#### 【0162】

##### X I I I . 複数リピータ

本発明が通信システムの通信範囲を有利に拡大できる別の方法は、複数のリピータまたはリピータチェインを使用して、相互に通信することによる。すなわち、1つのリピータは基地局との間で通信するかまたは通信リンクを確立するが、追加のリピータは第1リピータとの通信リンクを確立し、遠隔局も同様である。図9は、相互に通信する複数リピータを使用している、通信システムの構成を示す。

#### 【0163】

図9に示すように、この概念を拡大して、1つのリピータが1つまたは複数のリピータにサービスを提供し、基地局の通信範囲の外側または追加資源を必要とする不規則な形状を有する、広いカバレッジエリアに対応することができる。これは、1つまたは複数のリピータ904、906、および908(これらリピータのそれぞれはサービスエリア914、916、918を有する)と通信するサービスエリア910を有するリピータ902として機能して、複雑な形状のカバレッジまたは大きいカバレッジエリアを実現する。

#### 【0164】

代替方法では、一連のリピータを「1本の直線」または直線状にして使用し、それぞれが隣と通信して、長距離に渡りカバレッジを拡大する。しかしこの方法は相互通信を、1次元(幅)に狭く制限する可能性がある。図9において、これはリピータ906と通信するリピータ902として示され、このリピータ906はそのサービスエリア916を通してリピータ920と通信し、このリピータ920はサービスエリア930内のリピータ922と通信し、このリピータ922はサービスエリア932によりリピータ924と通信し、以下同様になる。この後者の方法を利用して、長くて狭い伝送通路周辺の要求、例えば、少なくとも一定のピーク期間通信トラフィックが集中する傾向にある場合の要求、あるいは遠隔または地方エリアにおける要求に、周辺の利用の少ないエリアをカバーすることを試みることなく、効果的に対応できる。

#### 【0165】

ただし、リピータ926およびサービスエリア934に示されるように、リピータの線を再度拡大するには、必要に応じて、2つまたはそれ以上のリピータを同時にサービスする(その線に沿って1つだけでなく)ことにより、達成できる。代替方法では、リピータの別の線を別の方向に分岐させる。したがって、カバレッジを望まないか、あるいはカバレッジが困難または不可能なエリアが無くなると、サービスエリアは拡大するか、または

10

20

30

40

50

変更される。

【0166】

この方法を利用して、チェーンの最後のリピータがその基地局と通信して、特定の制御またはタイミング情報をそれらの間で転送できるようにすることにより、一定の距離離れた2つの基地局をリンクでき、一方で、リピータはそれらが配置された場所近傍の通信要求にも対応できる。この方法はまた、この方法を前述の多重周波数割当て方式と組み合わせることにより、リピータチェーンまたはエリアに沿って1つまた複数の点の周波数を変更して、他の妨害への要求またはパターン発生または要望に合わせて、対処することができる。遠隔局に向けられる通信信号は、1つの周波数で生成されるかまたはその周波数で作動されるそれぞれの信号を有することができ、一方、組込みWCDは、使用されるリピータの数に応じて、第2周波数、または第3、第4周波数等で作動する信号を使用できる。

【0167】

いずれの場合でも、これら複数リピータ構成については、本発明の実施形態により、各リピータを、必要に応じて、電力制御式または非制御式にできる。電力制御式リピータは組込みWCDを利用し、信号を1つのリピータから次のリピータに転送して、前述のように、電力を調整する。

【0168】

#### XIV. 結論

前述の実施形態の説明により、当業者は本発明を製作または利用することが可能になる。本発明を発明の実施形態を参照して示しおよび説明してきたが、当業者には、本発明の精神と範囲から逸脱することなく、形態または細部に各種の変更を加えるのが可能であることは理解されるであろう。

【0169】

本発明は、上に、特定の機能の性能を示す機能構成要素とそれらの関係を用いて説明してきた。これら機能構成要素の境界はここでは、説明の便宜上、任意に定義してきた。特定の機能およびそれらの関係が適正に実行される限り、別の境界を定義することもできる。したがって、あらゆるこのような境界は、本発明の特許請求の範囲および精神内にある。当業者には、これら機能構成要素は個別部品、特定用途向け集積回路、適正なソフトウェアを実行するプロセッサ、およびその他またはそれらの多くの組合せにより実現できることは認識されるであろう。したがって、本発明の広さと範囲は、前述の説明の典型的な実施形態のいずれによっても限定されず、以下の特許請求の範囲およびそれらの均等物によつてのみ限定されるものとする。

【図面の簡単な説明】

【0170】

【図1】いくつかの基地局およびリピータを利用する典型的な無線通信システムを示す図。

【図2】リピータ設計の単純化された高レベル図を示す図。

【図3】図1のリピータの同等機能のモデルを示す図。

【図4】本発明を用いる高レベルリピータ設計を示す図。

【図5】本発明を用いる別の高レベルリピータ設計を示す図。

【図6】組込み無線通信装置の1つのタイプを示す図。

【図7】組込み無線通信装置の別のタイプを示す図。

【図8】電力制御式リピータを配置し、作動する工程を示す図。

【図9】様々な区域のカバレッジを実現するための、複数の電力制御式リピータの別の用途を示す図。

【図10】異なるブッシュレートに対するアルファ対ベータのグラフ表示を示す図。

【符号の説明】

【0171】

100…無線通信システム、102…制御局、104A～104C…基地局、106A～

10

20

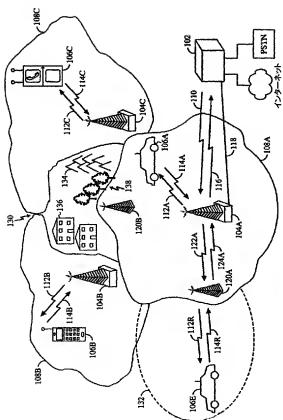
30

40

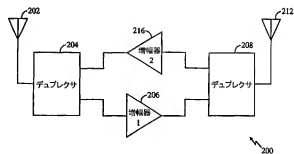
50

106C…無線通信装置（遠隔局）、108A～108C…サービスエリア、200…リピータ、202…ドナーアンテナ、204…デュプレクサ、206…増幅器、208…第2デュプレクサ、212…カバレージアンテナ。

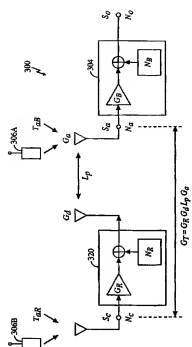
【図1】



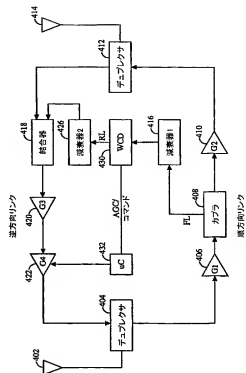
【図2】



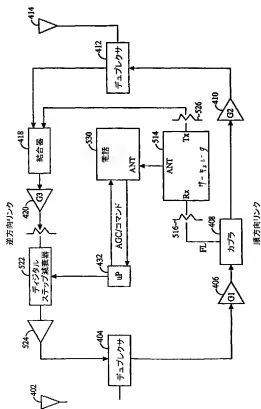
【図 3】



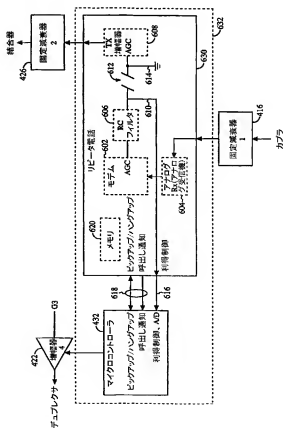
【図 4】



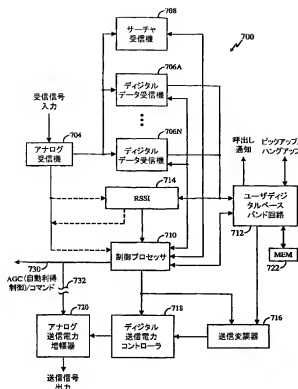
【図 5】



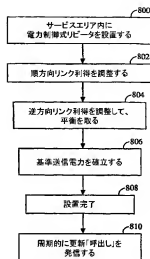
【図 6】



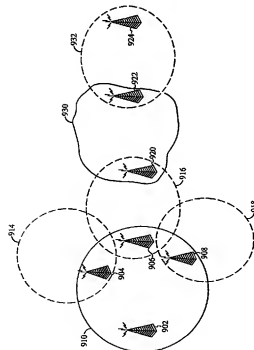
【図 7】



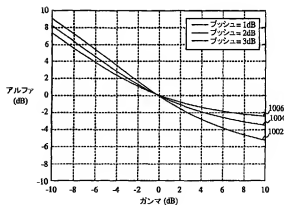
【図 8】



【図 9】



【図 10】




## 【国際調査報告】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Intern. Application No.  
PCT/US 02/37408

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> IPC 7 H04B7/005		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) IPC 7 H04B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages Relevant to claim No.	
A	WO 01/50635 A (AIRNET COMM CORP) 12 July 2001 (2001-07-12) abstract page 1, line 12 - line 18 page 5, line 9 - page 7, line 17 page 15, line 16 - page 16, line 11 page 23, line 20 - page 25, line 4 figures 4,5	1-39,42
A	US 2001/031624 A1 (SCHMUTZ THOMAS R) 18 October 2001 (2001-10-18) abstract page 1, right-hand column, paragraph 8 - paragraph 10 page 4, left-hand column, paragraph 38 - right-hand column, paragraph 41 figure 4	1-39,42
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of box C.		
<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in annex.		
* Special categories of cited documents: "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "E" earlier document but published on or after the international filing date "L" document which may throw doubt on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principles or theory underlying the invention "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art "Z" document member of the same patent family		
Date of the actual completion of the international search  16 September 2004	Date of mailing of the international search report  30.12.2004	
Name and mailing address of the ISA European Patent Office, P.O. Box 5618 Potlandaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 349-2240, Tx. 31 651 epo nl Fax (+31-70) 349-2016	Authorized officer  Lopez Marquez, T	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Inter  al Application No  
PCT/US 02/37408

C.(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 6 108 364 A (WEAVER JR LINDSAY A ET AL) 22 August 2000 (2000-08-22) abstract column 6, line 20 - line 67 -----	

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/US 02/37408**Box I Observations where certain claims were found unsearchable (Continuation of Item 1 of first sheet)**

This International Search Report has not been established in respect of certain claims under Article 17(2)(a) for the following reasons:

1. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to subject matter not required to be searched by this Authority, namely:
  
2. ☐ Claims Nos.:  
because they relate to parts of the International Application that do not comply with the prescribed requirements to such an extent that no meaningful International Search can be carried out, specifically:
  
3. ☐ Claims Nos.:  
because they are dependent claims and are not drafted in accordance with the second and third sentences of Rule 6.4(e).

**Box II Observations where unity of invention is lacking (Continuation of Item 2 of first sheet)**

This International Searching Authority found multiple inventions in this International application, as follows:

see additional sheet

1. ☐ As all required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers all searchable claims.
  
2. ☐ As all searchable claims could be searched without effort justifying an additional fee, this Authority did not invite payment of any additional fee.
  
3. ☐ As only some of the required additional search fees were timely paid by the applicant, this International Search Report covers only those claims for which fees were paid, specifically claims Nos.:
  
4. ☒ No required additional search fees were timely paid by the applicant. Consequently, this International Search Report is restricted to the invention first mentioned in the claims; it is covered by claims Nos.:

1-39, 42

Remark on Protest

- ☐ The additional search fees were accompanied by the applicant's protest.
- ☐ No protest accompanied the payment of additional search fees.

International Application No. PCT/ US 02/37408

## FURTHER INFORMATION CONTINUED FROM PCT/ISA/ 210

This International Searching Authority found multiple (groups of) inventions in this international application, as follows:

## 1. claims: 1-39,42

Method and apparatus for controlling output power and noise of a repeater, which comprises an embedded wireless communication device to which a pre-selected portion of a donor base station communication signal is coupled. The repeater receives power adjustment information from the donor base station for its wireless communication device and adjusts its return link gain based on the power adjustment information.

---

## 2. claims: 40,41

Repeater comprising: first duplexer, a coupler, a first fixed attenuator, a second duplexer, a combiner, one or more amplifiers, a second fixed attenuator, a digital step attenuator, a circulator, a third fixed attenuator, a fourth fixed attenuator, a repeater phone and a micro-controller for issuing commands to control the attenuation and power output of the repeater.

---

:

.

.

.

:

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No.

PCT/US 02/37408

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 0150635	A	12-07-2001	AU 2052401 A WO 0150635 A1 US 2002065094 A1	16-07-2001 12-07-2001 30-05-2002
US 2001031624	A1	18-10-2001	AU 2601101 A WO 0148947 A1	09-07-2001 05-07-2001
US 6108364	A	22-08-2000	AT 237204 T AU 718662 B2 AU 1114697 A BR 9610551 A CA 2229641 A1 CN 1229545 A DE 69627353 D1 DE 69627353 T2 EP 0847634 A2 FI 980278 A HK 1010949 A1 IL 123442 A JP 2000502218 T WO 9708854 A2	15-04-2003 20-04-2000 19-03-1997 21-12-1999 06-03-1997 22-09-1999 15-05-2003 04-03-2004 17-06-1998 27-04-1998 21-11-2003 25-07-2002 22-02-2000 06-03-1997

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TC),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU,ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N O,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SC,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,UZ,VC,VN,YU,ZA,ZM,ZW

(特許庁注：以下のものは登録商標)

フロッピー

(74)代理人 100084618

弁理士 村松 貞男

(74)代理人 100092196

弁理士 橋本 良郎

(72)発明者 デーン、リチャード・エフ

アメリカ合衆国、コロラド州 80540、リヨンス、アップル・バレイ・ロード 556

Fターム(参考) 5K022 EE02 EE14 EE21 EE31

5K067 AA22 CC02 CC04 CC10 DD42 DD45 DD46 EE06 EE10 GG08

5K072 AA29 BB13 CC02 CC33 EE19 GG14

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau



(43) International Publication Date  
30 May 2003 (30.05.2003)

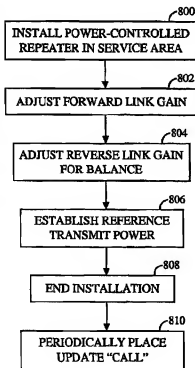
PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/044970 A2

- (51) International Patent Classification: **H04B**
- (21) International Application Number: PCT/US02/37408
- (22) International Filing Date:  
20 November 2002 (20.11.2002)
- (25) Filing Language: English
- (26) Publication Language: English
- (30) Priority Data:  
60/331,943 20 November 2001 (20.11.2001) US
- (71) Applicant: QUALCOMM INCORPORATED [US/US];  
5775 Morehouse Drive, San Diego, CA 92121 (US).
- (72) Inventor: DEAN, Richard, F., P.O. Box 2568, Lyons, CO  
80540 (US).
- (74) Agent: OGRAD, Gregory, D.; Qualcomm Incorporated,  
5775 Morehouse Drive, San Diego, CA 92121 (US).
- (81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW.
- (84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

[Continued on next page]

(54) Title: REVERSE LINK POWER CONTROLLED REPEATER



(57) Abstract: The invention provides a mechanism for automatically setting reverse link gain or power for a repeater (120) used in a communication system (100) through the use of the reverse link power control of a built-in wireless communications device. By embedding a wireless communication device (430, 630, 700) inside the repeater and injecting reverse link signals of the embedded device into the reverse link of the repeater (124A, 124B), the gain of the repeater is maintained relatively constant. The embedded WCD can also be activated on a periodic basis to make calls and utilize reverse link power-control to calibrate or re-calibrate the gain of the repeater, making it a power-controlled repeater.

WO 03/044970 A2



**Published:**

— without international search report and to be republished  
upon receipt of that report

*For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.*

## REVERSE LINK POWER CONTROLLED REPEATER

### CROSS-REFERENCE TO RELATED APPLICATION

- [0001] This application claims the benefit of U.S. Provisional Patent Application Serial No. 60/331,943, filed November 20, 2001, pending, which application is incorporated herein by reference in its entirety.

### BACKGROUND

#### *I. Field of the Invention*

- [0002] The present invention relates generally to wireless communication systems, and more specifically, to a repeater for use in wireless communication systems having an embedded wireless communication device capable of interacting with base stations communicating with and through the repeater to affect control of repeater gain and output power.

#### *II. Related Art*

- [0003] Wireless communication systems have developed a great deal in recent years and enjoy widespread use. There are presently many different types of wireless communication systems in use, including Cellular and Personal Communications Service (PCS) systems. Examples of known cellular systems include the cellular Analog Advanced Mobile Phone System (AMPS), and digital cellular systems based on Code Division Multiple Access (CDMA), Time Division Multiple Access (TDMA), the Global System for Mobile access (GSM) variation of TDMA, and newer hybrid digital communication systems using both TDMA and CDMA technologies.
- [0004] The use of CDMA techniques in a multiple access communication system is disclosed in U.S. Patent No. 4,901,307, entitled "*Spread Spectrum Multiple Access Communication System Using Satellite Or Terrestrial Repeaters*" and U.S. Patent No. 5,103,459, entitled "*System And Method For Generating Signal Waveforms In A CDMA Cellular Telephone System*," both of which are assigned to the assignee of the present invention and are incorporated herein by reference.
- [0005] The method for providing CDMA mobile communications was standardized in the United States by the Telecommunications Industry Association/Electronic Industries

Association in TIA/EIA/IS-95-A entitled "*Mobile Station-Base Station Compatibility Standard for Dual-Mode Wideband Spread Spectrum Cellular System*," referred to herein as IS-95. Combined AMPS & CDMA systems are described in TIA/EIA Standard IS-98. Other communications systems are described in the IMT-2000/UM, or International Mobile Telecommunications System 2000/Universal Mobile Telecommunications System, standards covering what are referred to as wideband CDMA (WCDMA), cdma2000 (such as CDMA2000 1x or 3x standards, for example) or TD-SCDMA.

[0006] In wireless communication systems mobile stations or user terminals receive signals from fixed position base stations (also referred to as cell sites or cells) that support communication links or service within particular geographic regions adjacent to or surrounding the base stations. In order to aid in providing coverage, each cell is often sub-divided into multiple sectors, each corresponding to a smaller service area or geographic region. An array or series of base stations placed adjacent to each other form a communication system capable of servicing a number of system users, over a larger region.

[0007] Unfortunately, as extensive as the total coverage areas of many wireless systems appear to be, providing service or coverage to many mobile stations is not without difficulties. The deployment or positioning of base stations within a system may leave "gaps" or "holes" in the coverage area. That is, the arrangement of the base stations, which can be dictated by various known system design criteria, economics, convenience, or local zoning restrictions, does not allow the signal coverage of some base stations to reach certain areas that are adjacent to or even surrounded by a group of base stations. In addition, obstructions from geological features or man-made structures, may simply block signals in certain areas. Base stations may also be considered too expensive to place in lower populated or more rural areas, leaving large areas simply uncovered. Of course, any un-covered area or region means lost revenues for communication system operators or service providers.

[0008] Repeaters can provide a cost-effective way for carriers and service providers to fill holes in the coverage area or to augment the area of coverage. For example, rather than install a more expensive and complicated base station, a repeater can be used to extend the reach of existing base stations. Therefore, a carrier can achieve hole filling

and otherwise augment the area of coverage for a given sector to provide capacity in an area that was previously not covered. One mark of a hole filling application is that the area is generally surrounded by coverage, often with the very sector that is also in communication with the repeater. Augmenting, or moving, the coverage area of a cell or sector effectively shifts the location or the shape of the coverage area from a sector. An example of this type of application might be to provide highway coverage. Assuming that two sectors cover a highway adjacent to a base station, the use of a repeater might be considered in order to provide coverage to an area beyond that immediately 'visible' or reached by signals from the base station location. Especially, for a more rural location.

[0009] The use of repeater technology is described in U.S. Patent No. 6,108,364, entitled "*Time Division Duplex Repeater for Use in a CDMA System*", and the use of repeaters for obtaining signal diversity in view of urban canyons is described in U.S. Patent No. 5,991,345, entitled "*Method and Apparatus for Diversity Enhancement Using Pseudo-Multipath Signals*", both of which are incorporated herein by reference.

[0010] However, the use of repeaters is not itself without problems in certain situations. As will be discussed further below, a repeater is not a noise-less device and will contribute thermal noise into the base station sector acting as the communication link, referred to as adding to the noise floor of the base station. The use of repeaters is further hindered by environmental factors causing fluctuations in repeater gain, and in the thermal noise contributions by the repeater at the base station. More specifically, the gain provided by a repeater is affected by factors such as: daily temperature variations ( $\pm 6$  dB); seasonal temperature variations (typically  $\pm 3$  dB); attenuation caused by foliage or foliage changes during spring and summer; or new obstacles being erected along the base station-to-repeater path.

[0011] The phenomena stated above will result in fluctuations in the total amount of thermal noise at the base station, adversely affecting coverage as well as service in both the base station and repeater coverage areas. It can be seen that it is desirable to keep the gain of the repeater a constant. Therefore, it is desirable to have the ability to detect and quantify a change, and restore the gain of the repeater back to a pre-determined level.

- [0012] What is needed is a new apparatus or technique to manipulate the power output of a repeater in such a manner that it can enhance coverage without adding undesirable noise to a communication system. This should be accomplished with a minimum of complexity and maximum ease of use. The present invention satisfies that need.

### SUMMARY

- [0013] The invention provides a mechanism for automatically setting a reverse link operating point for a repeater used in a communication system through the use of the reverse link power control of a built-in wireless device, for example a spread spectrum phone using CDMA or WCDMA standards protocols. By embedding a wireless communication device (WCD) inside the repeater and injecting the reverse link of the embedded WCD into the reverse link of the repeater, the gain of the repeater is maintained relatively constant. The embedded WCD can also be activated on a periodic basis to make calls and utilize reverse link power-control to calibrate or re-calibrate the gain of the repeater. Therefore, the repeater becomes a power-controlled repeater.
- [0014] The invention can be realized using a method or apparatus to control output power for a repeater communicating with one or more base stations and remote stations in a wireless communication system, by adjusting the gain of amplification stages or elements used within the repeater. This invention also controls noise pushed to a donor base station communicating with the repeater and one or more remote stations.
- [0015] In one embodiment, the method comprises coupling or transferring a pre-selected portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to an embedded wireless communication device within the repeater, and establishing a communication link between the wireless communication device and donor base station in response to receiving the pre-selected portion. This is accomplished by transmitting a return link signal over a return signal path substantially co-extensive with remote station communication signals being transferred to the base station, then receiving power adjustment information from the donor base station and generating at least one power control signal for adjusting output transmission power. The return link gain of the repeater is adjusted in response to the power control signal.
- [0016] In further aspects, a communication signal is received from the donor base station which is to be transferred to remote stations, while communication signals are

received from one or more remote stations to be transferred to the base station along a predetermined signal path. Typically, the communication signals are selected from the group of CDMA, WCDMA, TDMA, TD-SCDMA, and GSM (including GPRS and EDGE) type communication signals. The pre-selected signal portion is processed in the wireless communication device to establish a forward communication link, which includes generating a reverse link communication signal for transfer to the donor base station. The reverse link signal is transferred along with the signals received from remote stations along the predetermined signal path to the donor base station. A communication signal from the donor base station directed to the wireless communication device is received and a power control signal, such as an automatic gain control signal, or command is generated in response to information in that signal. The repeater adjusts the return link gain based on that power control signal or command.

[0017] Further aspects of the invention comprise transferring amplified remote station communication signals and received donor base station communication signals through a first duplexor; power coupling a pre-selected portion of a donor base station communication signal to the wireless communication device, which may include attenuating the signal by a pre-selected amount in some embodiments; and transferring amplified donor base station communication signals and received remote station communication signals through a second duplexor. The return link signal output by the wireless communication device is combined with remote station communication signals, and may also be attenuated in some embodiments before being combined.

[0018] The method can further comprise periodically establishing a communication link between the wireless communication device and donor base station, and generating at least one power control signal based on information related to signal power determined during a duration of the communication link. This feature is especially useful when initially setting up a repeater, since the repeater can effectively "call in" to the base station and establish an appropriate power level without manual intervention.

[0019] Apparatus for controlling the output power for a repeater communicating with one or more donor base stations and remote stations in a wireless communication system, comprises means for coupling or transferring a pre-selected portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to an embedded wireless communication device within the repeater, and means for establishing a communication

link between the wireless communication device and donor base station in response to the pre-selected portion by transmitting a return link signal over a return signal path shared with remote station communication signals being transferred to the base station. Also, included is means for receiving power adjustment information from the donor base station and generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power, and means for adjusting the return link gain of the repeater based on that power control signal.

[0020] The apparatus can further comprise means for receiving various communication signals from a donor base station or remote stations, along with means for amplifying these signals and retransmitting them. The signals are transferred through duplexors to amplification stages. Means are provided for processing the pre-selected portion to establish a forward communication link, and for generating a reverse link communication signal in the wireless communication device. The apparatus transfers the reverse link communication signal from the wireless communication device along with signals received from covered remote stations along a shared signal path to the base station. In addition, means are provided for receiving a communication signal from the base station directed to the wireless communication device and for generating a power control signal. The power control signal may be detected using means for detecting in the repeater, and the return link gain then adjusted using means for adjusting the gain, based on the detected power control signal.

[0021] Signals input to or output from the wireless communications device may be processed by one or more means for attenuating before transfer into or from the wireless communication device, as desired. A resulting attenuated return link signal output from the wireless communication device is combined with remote station communication signals. The attenuation before transfer into or from the wireless communication device is typically only necessary in the case of using a standard production wireless communications device, if a custom device was designed for this application, the attenuation could be avoided.

[0022] The apparatus further comprises means for periodically establishing a communication link between the wireless communication device and donor base station, so that at least one power control signal is generated based on information related to signal power determined during a duration of the communication link.

- [0023] In some embodiments, the communication signal from the donor base station has a first frequency, and communication signals from one or more remote stations have a second frequency different from the first.
- [0024] In still further embodiments, more than one repeater is used, with one communicating directly with a base station and the others communicating with either the first as a series of remote stations, or in a series one to the other and then to the first repeater.

### BRIEF DESCRIPTION OF THE DRAWINGS

- [0025] The features, objects, and advantages of the present invention will become more apparent from the detailed description set forth below when taken in conjunction with the drawings in which like reference characters identify the same or functionally similar elements throughout. In addition, the left-most digit of the reference number refers to the figure in which the reference number first appears in the accompanying drawings.
- [0026] FIG. 1 illustrates a typical wireless communications system using several base stations and repeaters;
- [0027] FIG. 2 illustrates a simplified high-level view of a repeater design;
- [0028] FIG. 3 illustrates a model of equivalent functions of the repeaters in FIG. 1;
- [0029] FIG. 4 illustrates a high-level repeater design using the invention;
- [0030] FIG. 5 illustrates another high-level repeater design using the invention;
- [0031] FIG. 6 illustrates one type of embedded wireless communication device;
- [0032] FIG. 7 illustrates another type of embedded wireless communication device;
- [0033] FIG. 8 illustrates steps in deploying and operating a power-controlled repeater;
- [0034] FIG. 9 illustrates an alternative use of multiple power-controlled repeaters to provide coverage for various regions; and
- [0035] FIG. 10 illustrates a graphical representation of alpha versus gamma values for different push rates;

### DETAILED DESCRIPTION OF EMBODIMENTS OF THE INVENTION

#### *I. Introduction*

- [0036] The present invention is a method and apparatus for controlling the gain and the transmission power of a repeater used in a wireless communication system by

embedding a wireless communication device circuit within the repeater. The wireless communication device is power controlled or adjusted by base stations with which it communicates over a communication link held in common with repeater return link communication signals. One or more signals or commands generated by the wireless device interact with the repeater to cause the repeater to be gain and thus power controlled. As would be apparent to one skilled in the relevant art, the concept of the present invention can be applied to many types of communications systems where power control is used and there is a desire to reduce signal interference or degradation.

[0037] Embodiments of the invention are discussed in detail below. While specific steps, configurations and arrangements are discussed, it should be understood that this is done for illustrative purposes only. It would be apparent to one of skill in the art that the invention may be implemented in many different embodiments of hardware, software, firmware, and/or the elements illustrated in the figures, and that other steps, configurations and arrangements can be used without departing from the spirit and scope of the present invention.

[0038] Before describing embodiments of the invention in detail, it is helpful to describe an example environment in which they may be usefully implemented. The present invention is particularly useful in mobile communication system environments. FIG. 1 illustrates such an environment.

## ***II. Exemplary Operational Environment***

[0039] FIG. 1 is a diagram of a typical wireless communication system 100, such as a cellular telephone system. Wireless communication system (WCS) 100, uses one or more control stations 102, sometimes referred to as base station controllers (BSC), and a plurality of base stations 104A, 104B, and 104C, sometimes referred to as base station transceiver system (BTS). Base stations 104A-104C communicate with remote stations or wireless communication devices (WCD) 106A-106C, respectively, that are within service areas 108A-108C of base stations 104A-104C, respectively. That is, in this case, base station 104A communicates with remote station 106A within service area 108A, base station 104B with remote station 106B within service area 108B, and base station 104C with remote station 106C within service area 108C.

- [0040] Base stations transmit information in the form of wireless signals to user terminals across forward links or forward link communication channels, and remote stations transmit information over reverse links or reverse link communication channels. Although FIG. 1 illustrates three base stations 104A-104C, other numbers of these elements may be employed to achieve a desired communications capacity and geographic scope, as would be known. While fixed base stations are described, it is to be appreciated that in some applications portable base stations may be used, or even stations positioned on movable platforms such as trains, barges, or trucks, as desired.
- [0041] Control station 102 may be connected to other control stations 102, central systems control stations (not shown) for the communication system 100, or other connected systems communication systems such as a public switched telephone network (PSTN) or the Internet. Thus, a system user at remote station 106 is provided with access to other communication portals using wireless system 100.
- [0042] Base stations 104A-104C may form part of terrestrial based communication systems and networks that include a plurality of PCS/cellular communication cell-sites. They can be associated with CDMA or TDMA (or hybrid CDMA/TDMA) digital communication systems, transferring CDMA or TDMA type signals to or from remote stations. Signals can be formatted in accordance with IMT-2000/UMT standards, using WCDMA, CDMA2000 or TD-SCDMA type signals. On the other hand, base stations 104 can be associated with an analog based communication system (such as AMPS), and transfer analog based communication signals.
- [0043] Remote stations 106A-106C each have or comprise apparatus or a wireless communication device (WCD) such as, but not limited to, a cellular telephone, a wireless handset, a data transceiver, or a paging or position determination receiver. Furthermore, such remote stations can be hand-held, portable as in vehicle mounted (including cars, trucks, boats, trains, and planes) or fixed, as desired. For example, FIG. 1 illustrates remote station 106A as a portable vehicle mounted telephone or WCD, remote station 106B as a hand-held apparatus, and remote station 106C as a fixed device.
- [0044] In addition, the teachings of the invention are applicable to wireless devices such as one or more data modules or modems which may be used to transfer data and/or voice traffic, and may communicate with other devices using cables or other known

wireless links or connections, for example, to transfer information, commands, or audio signals. In addition, commands might be used to cause modems or modules to work in a predetermined coordinated or associated manner to transfer information over multiple communication channels. Wireless communication devices remote stations are also sometimes referred to as user terminals, mobile stations, mobile units, subscriber units, mobile radios or radiotelephones, wireless units, or simply as 'users,' 'phones,' 'terminals,' or 'mobiles' in some communication systems, depending on preference.

[0045] In the present example environment, remote stations 106A-106C and base stations 104A-104C engage in wireless communications with other elements in WCS 100 using CDMA communication techniques. Therefore, signals transmitted across the forward (to the remote stations) and reverse links (from the remote stations) convey signals that are encoded, spread, and channelized according to CDMA transmission standards. A forward CDMA link includes a pilot channel or signal, a synchronization (sync)-channel, several paging channels, and a larger number of traffic channels. The reverse link includes an access channel and a number of traffic channels. The pilot signal is used to alert mobile stations of the presence of a CDMA-compliant base station. The signals use data frames having a predetermined duration, such as 20 milliseconds. However, this is for convenience in description, and the present invention may be employed in systems that employ other communications techniques, such as time division multiple access (TDMA), and frequency division multiple access (FDMA), or other waveforms or techniques as listed above, as long as the communication system or network sends power control commands to the remote station.

[0046] In any case, the wireless signals need to be transmitted at power levels sufficient to overcome noise and interference so that the transfer of information occurs within specified error rates. However, these signals need to be transmitted at power levels that are not excessive so that they do not interfere with communications involving other remote stations. Faced with this challenge, base stations and remote stations can employ dynamic forward link power control techniques to establish appropriate forward link transmit power levels.

[0047] Conventional forward link power control techniques involve closed loop approaches where user terminals provide base stations with feedback that specifies particular forward link transmit power adjustments, referred to as up/down commands

because they direct either a power increase or a power decrease. For example, one such approach involves a user terminal determining signal-to-noise ratios (SNRs) or bit error rates (BER) of received forward link traffic signals, and requesting the base station to either increase or decrease the transmit power of traffic signals sent to the remote station based on the results. In addition to transmitting up/down commands, other types of information may be transmitted to base stations periodically including various power and noise measurements to support operations, such as "handoffs" between base stations.

[0048] Typically, base stations 104A-104C adjust the power of the signals that they transmit over the forward links of WCS 100. This power (referred to herein as forward link transmit power) may be varied according to requests by, information from, or parameters for remote stations 106A-106C, and according to time. This time varying feature may be employed on a frame-by-frame basis. Such power adjustments are performed to maintain forward link BER or SNR within specific requirements, reduce interference, and conserve transmission power.

[0049] Typically, remote stations 106A-106C also adjust the power of the signals that they transmit over the reverse links of WCS 100, under the control of control station 102 or base stations 104A-104C. This power (referred to herein as reverse link transmit power) may be varied according to requests by or commands from a BTS, received signal strength or characteristics, or parameters for remote station operation, and according to time. This time varying feature may be employed on a frame-by-frame basis. Such power adjustments are performed to maintain reverse link bit error rates (BER) within specific requirements, reduce interference, and conserve transmission power.

[0050] Examples of techniques for exercising power control in such communication systems are found in U. S. Patent Nos. 5,383,219, entitled "*Fast Forward Link Power Control In A Code Division Multiple Access System*," 5,396,516, entitled "*Method And System For The Dynamic Modification Of Control Parameters In A Transmitter Power Control System*," and 5,056,109, entitled "*Method and Apparatus For Controlling Transmission Power In A CDMA Cellular Mobile Telephone System*," which are incorporated herein by reference.

### *III. Service Areas*

[0051] As discussed, each base station has a service area 108 (108A-108C) which can be generally described as the geographical extent of a locus of points for which a remote station 106 can communicate effectively with the base station. As an example, when a remote station 106 is within a service area 108, messages can be transmitted from control center 102 to a base station 104 (104A-104C) using a forward link 110 (110A-110C), and from base station 104 to a remote station 106 using a forward link 112 (112A-112C). Messages are transmitted from a remote station 106 to a base station 104 over a return link 114 (114A-114C). These messages are transmitted to the control center 102 using a return link 116 (116A-116C).

[0052] Some or all of the communications between a base station 104 and control station 102 can be carried over other wireless, such as microwave, radio, or satellite type links, or non-wireless transfer mechanisms such as, but not limited to dedicated wireline services, optical or electronic cables and so forth, all indicated as line 118, if desired. Also, messages transmitted using forward links 110 and 112 are typically modulated in different frequency bands or modulation techniques than the messages transmitted over reverse links 114 and 116. The use of separate forward and reverse links allows full duplex communications between the control center 102 and the remote station 106. TD-SCDMA systems use time division duplexing to accomplish the forward and reverse links, so a power controlled repeater could be implemented using either time division duplexing or frequency division duplexing.

[0053] The service area of a base station is illustrated as generally circular or elliptical in FIG. 1 for convenience. In actual applications, local topography, obstructions (buildings, hills, and so forth), signal strength, and interference from other sources dictate the shape of the region serviced by a given base station. Typically multiple coverage areas 108 (108A-108C) overlap, at least slightly, to provide continuous coverage or communications over a large area or region. That is, in order to provide an effective mobile telephone or data service, many base stations would be used with overlapping service areas, where the edges have decreased power.

[0054] One aspect of the communication system coverage illustrated in FIG. 1, is the presence of an uncovered region 130, which can often be referred to as a hole, or an uncovered region 132 which is simply outside of WCS 100 normal coverage areas. In

the case of a "hole" in coverage, there are areas surrounding or at least adjacent to the covered areas which can be serviced by base stations, here base stations 104A-104C. However, as discussed above a variety of reasons exist for which coverage might not be available in regions 130 or 132.

[0055] For example, the most cost effective placement of base stations 104A-104C might place them in locations that simply do not allow their signals to reliably reach or cover regions 130 or 132. Alternatively, topological features such as mountains or hills 134, man made structures 136, such as tall buildings or urban canyons often created in central urban corridors, or vegetation 138, such as tall trees, forests, or the like, could each partially or completely block signals. Some of these effects can be temporary, or change over time, to make system installation, planning, and use even more complex.

[0056] While it is possible to extend coverage of the cellular telephone network 100 by simply adding more base stations 104 to cover additional geographical territory, it is sometimes very difficult and uneconomical to do so. Not only are base stations relatively complex and costly or hard to cite, but regions sought to be covered may have irregular shapes with unusual multi-path or fading characteristics that make using a base station difficult. The area may also be a lower communication traffic density area where lower or only occasional use is anticipated.

[0057] In many cases, for example, the territory sought to be covered has enough traffic to justify the use of a repeater 120 but not a base station. It may also be more amenable to using several repeaters to cover unusually shaped regions or circumvent the problems of blockage. In this situation, one or more repeaters 120 (120A, 120B) accept transmissions from both a remote station 106 (106D) and a base station 104 (104A), and act as an intermediary between the two, essentially operating as a "bent pipe" communication path. Using a repeater 120, the effective range of a base station 104 is extended to cover extended service area 132.

[0058] While the use of repeaters 120 is a more cost effective way to increase range or coverage for base stations, it has some disadvantages. One major disadvantage that has been discovered, is the increase in noise for base stations servicing or using the repeater.

#### *IV. Repeater Overview*

[0059] FIG. 2 is simplified block diagram of a repeater 200. A more typical commercial repeater would most likely have additional components including additional filtering and control elements to control noise, out of band emissions, and to regulate the gain. Repeater 200 includes a donor antenna 202 for receiving signals, a duplexer 204, an amplifier 206 for amplifying signals received at the donor antenna, a second duplexer 208, and a server or coverage antenna 212 for transmitting (or repeating) signals received by the repeater 200. A second amplifier 216 is also included which amplifies signals received at server antenna 206, and provides the amplified signals to the donor antenna.

[0060] The two duplexers (204, 208) are used to split or separate the forward link and reverse link signals (frequencies) to provide necessary isolation between the two so that they do not enter the other processing chains of repeater 200. That is, to prevent transmissions from entering receivers, and so forth, and degrading performance. The receive or receiver duplexer (204) is coupled to an antenna referred to as the donor antenna (202), since it receives signals "donated" from another source, such as a base station, also referred to as a donor cell. The donor is more typically not a cell or cell site but a sector within a cell being handled by the donor base station. The antenna coupled to the duplexer on the transmission or output side (208) of the repeater processing is referred to as the output or coverage antenna (212).

[0061] For embodiments used in cellular phone or wireless communication systems, such as those mentioned above, a duplexer is chosen to operate in what is referred to as the 800 MHz band. Typically this would mean with a forward link frequency of around 882.75 MHz and a reverse link frequency of around 837.75 MHz. However, these frequencies are dependent upon the specific system in which the repeater is used, as indicated above, and the duplexer would be chosen according, as would be known. For example PCS systems operate around 1900 MHz while typical GSM systems around 1800 MHz and UMTS around 2100 MHz.

[0062] The isolation provided between the two frequencies is typically greater than 100 dB, which is sufficient to maintain repeater stability. The bandwidth of each link is typically on the order of 5 MHz. A smaller bandwidth is desirable to reject potential interference by signals from FM, GSM, and other CDMA carriers. However, to achieve

a smaller bandwidth, SAW filters are typically required, which is not as desirable, so this may be avoided for many embodiments, as desired.

- [0063] While the basic repeater can apparently act as a bent-pipe and transfer signals back and forth, a problem has been discovered, as discussed above, related to repeater thermal noise contribution, herein called "push" at the BTS, and how fluctuations in repeater gain are going to adversely affect the push. It can be easily shown that it is undesirable to have a varying amount of thermal noise at the BTS, and embodiments of the invention allow a new type of reverse link power-control in the repeater that can maintain a substantially constant repeater thermal noise push at the BTS.

#### V. Repeater Reverse Link Analysis

- [0064] The effective noise factor of the repeater as well as that of the BTS under zero-load condition, can be used to derive a repeater thermal noise push relationship. With the repeater thermal noise push quantified, one can establish the relationship for maintaining a constant repeater thermal noise push at the BTS. To accomplish this analysis, one can start with a WCS model 300, as shown in FIG. 3, which shows two remote or mobile stations 306A and 306B communicating through a base station 304 and a repeater 320, respectively, in a modeled communication system 300. That is, a functional and parameter based replica of the operations performed within the WCS. Some parameters used in this model are shown in Table I.

TABLE I

Parameter	Definition
<i>General</i>	
$T_{oI}$	Reference temperature which is equal to 290°K
$K$	Boltzman's Constant or $1.38 \times 10^{-23}$ Joules/Kelvin
$W$	Bandwidth of the signal. In this example, $W = 1.228$ MHz
<i>Repeater</i>	
$T_{eR}$	Antenna temperature of the repeater coverage antenna
$S_c$	Signal power at repeater coverage antenna connector
$N_c$	Noise power density at repeater coverage/server antenna connectors
$G_R$	Gain of the repeater
$N_R$	Repeater additive noise power density, $N_R = k T_{eR} G_R$
$F_R$	Repeater noise factor, $F_R = 1 + T_{eR} / T_o$
$T_{eR}$	Repeater effective noise temperature, $T_{eR} = (F_R - 1) T_o$

Parameter	Definition
$G_d$	Gain of the repeater donor antenna
	<b><i>Path Loss between BTS and Repeater</i></b>
$L_p$	Path loss between repeater donor antenna and BTS antenna
	<b><i>Base Station</i></b>
$G_a$	BTS antenna gain
$T_{eB}$	BTS antenna temperature
$S_a$	BTS antenna connector signal power
$N_a$	BTS antenna connector noise power density
$G_B$	BTS gain
$S_O$	BTS output signal power
$N_O$	Noise power density at BTS output
$N_B$	Additive noise power density of BTS, $N_B = k T_{eB} G_B$
$F_B$	Noise factor of the base station, $F_B = 1 + T_{eB} / T_o$
$T_{eB}$	Effective noise temperature of BTS, $T_{eB} = (F_B - 1) T_o$
$G_T$	BTS-repeater link gain, $G_T = G_R G_d L_p G_a$ (assuming negligible cable losses, which could be added)

### 1. Effective Noise Factor of Repeater

[0065] It is first very useful to determine the effective noise factor of the repeater,  $EF_R$ , under zero-load condition. In looking at the system model shown in FIG. 3, the thermal noise density emanating from the repeater donor antenna is given by:

$$N_{\text{repeater}} = k(T_{aR} + T_{eR})G_R G_d, \quad (1)$$

and the thermal noise contribution from the repeater at the output of the BTS is:

$$N_{\text{repeater}}^{\text{@BTS}} = N_{\text{repeater}} L_p G_a G_B. \quad (2)$$

[0066] In the absence of a repeater in the base station coverage area, the nominal thermal noise density at the output of the BTS is given by:

$$N_O^{\text{nom}} = k(T_{aB} + T_{eB})G_B. \quad (3)$$

[0067] With the addition of a repeater in the BTS coverage area, the total thermal noise density at the output of the BTS can be modeled as the sum of a contribution from the repeater (Eq. 2) and the nominal case (Eq. 3). Therefore, we have:

$$N_O = N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_O^{\text{nom}} \quad (4)$$

which becomes:

$$\begin{aligned} N_O &= N_{\text{repeater}} L_p G_o G_B + k(T_{eB} + T_{eB}) G_B \\ &= k(T_{eB} + T_{eB}) G_B G_L L_p G_o G_B + k(T_{eB} + T_{eB}) G_B, \\ &= k(T_{eB} + T_{eB}) G_T G_B + k(T_{eB} + T_{eB}) G_B. \end{aligned} \quad (5)$$

[0068] From this relationship, one can see that the total thermal noise density at the output of the BTS reverts to a nominal case when: the path loss,  $L_p$  between the repeater and the BTS increases and  $G_T$  approaches 0, the repeater signal is completely blocked from the BTS, or the repeater is turned off.

[0069] From this model of the total thermal noise density at the BTS output, the effective noise factor of the repeater,  $EF_R$ , is defined as the signal-to-noise ratio at repeater coverage antenna connector over that at the output of the base station, which is:

$$EF_R = \frac{S_c / N_e W}{S_o / N_o W} = \frac{S_c N_o}{S_o N_e}, \text{ then} \quad (6)$$

$$EF_R = \frac{k(T_{eB} + T_{eB}) G_T G_B + k(T_{eB} + T_{eB}) G_B}{k T_{eB} G_T G_B}. \quad (7)$$

[0070] If  $T_{eB}$  is set equal to  $T_o$ , the expression for the effective noise factor of the repeater becomes:

$$EF_R = \frac{k(T_o + T_{eB}) G_T G_B + k(T_o + T_{eB}) G_B}{k T_o G_T G_B}, \text{ and} \quad (8)$$

$$EF_R = F_R + \frac{F_B}{G_T} \quad (9)$$

- [0071] Due to presence of the BTS antenna, Equation 8 differs from that for a set of conventional noisy gain blocks since the noise contribution from both the BTS antenna and the repeater are present at the input of the BTS. In the absence of the BTS antenna, the effective noise factor of the repeater is:

$$EF_R = F_R + \frac{F_B - 1}{G_T}. \quad (10)$$

- [0072] If we multiply the numerator and denominator of Equation 8 by the nominal thermal noise density of the BTS, we can re-arrange it to obtain:

$$EF_R = \frac{k(T_o + T_{eR})G_T G_B + k(T_o + T_{eB})G_B}{k(T_o + T_{eB})G_B} \frac{k(T_o + T_{eB})G_B}{kT_o G_B} \frac{1}{G_T}. \quad (11)$$

- [0073] The first term of Equation 11 is the push exerted by a repeater on the nominal thermal noise density at the BTS, while the second term is simply the nominal noise factor of the BTS. Thus, if we define  $P_{thermal}$  as the repeater thermal noise push at the BTS, we have:

$$P_{thermal} = \frac{k(T_o + T_{eR})G_T G_B + k(T_o + T_{eB})G_B}{k(T_o + T_{eB})G_B}, \text{ and} \quad (12)$$

$$EF_R = P_{thermal} \frac{F_B}{G_T}. \quad (13)$$

## 2. Effective Noise Factor of BTS

- [0074] In calculating an effective noise factor of the BTS,  $EF_B$ , under zero-load condition, the thermal noise contribution from the repeater is modeled as another additive noise source at the output of the BTS. Therefore, the expression for the effective noise factor of the BTS is:

$$EF_B = \frac{k(T_{eR} + T_{eB})G_T G_B + k(T_{eB} + T_{eB})G_B}{kT_{eB} G_B} \quad (14)$$

[0075] Substituting  $T_{aR} = T_{aB} = T_0 = 290^\circ\text{K}$ , this becomes:

$$EF_B = F_R G_T + F_B. \quad (15)$$

and, it is evident that the effective repeater noise factor and the effective BTS noise factor are related by the BTS-repeater link gain,

$$EF_B = EF_R G_T \quad (16)$$

and, hence, in dB, the difference between effective BTS noise figure and effective repeater noise figure equals  $G_T$ , the BTS-repeater link gain. A review of the above relationships also shows that as  $G_T$  increases, the effective repeater noise factor is going to approach the nominal repeater noise factor. On the other hand, when  $G_T$  decreases, the effective BTS noise factor is going to approach the nominal BTS noise factor.

### 3. Repeater Thermal Noise Push

[0076] An expression can now be produced for the repeater thermal noise push at the BTS in terms of nominal BTS noise factor,  $F_B$ , nominal repeater noise factor,  $F_R$ , and BTS-repeater link gain,  $G_T$ . More specifically, from Equations 9 and 13, one can see that:

$$EF_R = P_{\text{thermal}} \frac{F_B}{G_T} = F_R + \frac{F_B}{G_T}, \text{ and}$$

$$P_{\text{thermal}} = \frac{F_R}{F_B} G_T + 1. \quad (17)$$

[0077] Equation 17 represents the repeater thermal noise push equation, which shows that repeater thermal noise push at the BTS is linear with respect to BTS-repeater link gain. Moreover, the slope of  $P_{\text{thermal}}$  versus  $G_T$  is the ratio of nominal repeater noise factor over nominal BTS noise factor. However, looking at Equations 4 and 12 provide another perspective of the repeater thermal noise push since:

$$P_{\text{thermal}} = \frac{k(T_o + T_{\text{eff}})G_T G_B + k(T_o + T_{\text{eff}})G_B}{k(T_o + T_{\text{eff}})G_B} = \frac{N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_O^{\text{nom}}}{N_O^{\text{nom}}} = \frac{N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}}}{N_O^{\text{nom}}} + 1 \quad (18)$$

which can be used to assist in producing an effective process or algorithm for operating a power-controlled repeater, as discussed below.

#### VI. Overview of Power Control in a Repeater

[0078] The above describes the rise that occurs in thermal noise level at the BTS caused by the addition of a repeater in a BTS coverage area. This phenomena, as stated above, will result in fluctuations in the total amount of thermal noise at the BTS, and adversely affect coverage as well as service in both the BTS and repeater coverage areas. For a BTS with a repeater in its coverage area, it has been shown that the effective repeater noise factor as well as the effective BTS noise figure are related by the BTS-repeater link gain. From the effective repeater noise factor one can also see that the repeater thermal noise push is linear with respect to the BTS-repeater link gain, and the slope is given by nominal repeater noise factor over nominal BTS noise factor.

[0079] This phenomena, as stated above, will result in fluctuations in the total amount of thermal noise at the BTS, and adversely affect coverage as well as service in both the BTS and repeater coverage areas. Therefore, it is desirable to have the ability to detect and quantify changes, and restore the gain of the repeater back to a pre-determined level. That is, it is desirable to keep the gain of a repeater relatively constant.

[0080] It has been discovered that this can be accomplished economically, with low complexity, by embedding a wireless communication device, or equivalent circuitry or capability inside, that is within the operating structure of, the repeater, and by injecting the reverse link signal output of the embedded WCD into the reverse link of the repeater. With a common reverse link, WCD reverse link power-control can be utilized to calibrate the gain of the repeater. This provides for an automatic setting of a repeater reverse link operating point through the use of the reverse link power control of the built-in WCD, which produces a power-controlled repeater which, in conjunction with reverse link power-control, can maintain a substantially constant or low fluctuation repeater thermal noise push at the BTS, and improve repeater performance.

[0081] With the embedded WCD, one can also establish periodic calls or communication sessions between the repeater and a base station, and utilize reverse link power-control for the WCD to calibrate or re-calibrate the gain of the repeater. This improves repeater performance in general and also allows the repeater to dial-in automatically during repeater installation to establish and then maintain a desired operating point throughout a use period, which could be useful life, of the repeater. This effectively compensates for variations in repeater-to-BTS path loss, environmental conditions, amplifier aging, and changes in user load that deleteriously impact the reverse link for the repeater.

[0082] The power-controlled repeater also stabilizes the reverse link operating point, essentially keeping remote stations in the repeater coverage area from "hitting" the BTS with too much or too little power.

#### *VII. Power-Controlled Repeater*

[0083] A block-diagram of one embodiment of an exemplary power-controlled repeater is shown in FIG. 4, and is described in terms of the basic elements used in implementing repeater forward and reverse links. In FIG. 4, a repeater 400 is shown having a donor antenna 402 and a coverage antenna 414. Repeater 400 has a forward link that has two duplexers 404 and 412, two amplifiers 406 and 410, a coupler 408, and a fixed attenuator 416. However, fixed attenuator 416 is not required for implementing all embodiments.

[0084] Repeater 400 is also shown having a reverse link that uses the two duplexers 404 and 412, a combiner 418, an amplifier 420, an adjustable or variable amplifier 422, and a fixed attenuator 424. The variable amplifier 422 could also be implemented using a variable attenuator. A wireless device or circuit 430 is shown coupled between the two links (forward and reverse) having at least one output connected to a processor or controller 432, shown as part of the reverse link.

[0085] The two duplexers 404 and 412 are used to split or separate the forward and reverse link signals, as discussed above, while combiner 418 is used to add the output of the wireless device 430 embedded in the repeater, the transmit signal, to the repeater reverse link path. This allows the wireless device to communicate with at least one, and typically only one, base station. An exemplary duplexer useful for cellular

communication frequencies is manufactured by Celwave under the part number 5043-8-3.

[0086] The combiner is placed at the input of the amplifier chain of the reverse link primarily to maintain repeater stability, although this is not strictly necessary for every embodiment. Since the reverse link signal levels are smallest at this location, the amount of reverse link power that is coupled to the repeater forward link through the repeater wireless device loop is minimized. An exemplary combiner useful for implementing embodiments is manufactured by Minicircuits under the part number ZFSC-2-2.

[0087] Coupler or power coupler 408 is used to couple some of the forward link power to an input for wireless device 430 embedded within the structure of repeater 400, which is discussed further below. A typical value selected for signal power to be coupled into the wireless device is 20 dB, a value that is generally considered sufficiently low so as to not degrade forward link performance. However, depending on the design of the remainder of the repeater components, one skilled in the art can readily use a different coupling coefficient, as desired. An exemplary coupler useful for implementing embodiments is manufactured by Narda under the part number 4242-20.

[0088] For the repeater forward link signal presented to the mobile phone 430, antenna 402, duplexer 404, amplifier 406 along with fixed attenuator 416, are used.

[0089] Fixed attenuator 416 is used to set the forward link gain in this embodiment. The forward link gain is set for different repeater-to-BTS path losses and different BTS transmit power levels. The adjustment can be accomplished simply by manually inserting different coaxial attenuators, or use other more automated approaches that are known in the art. The mobile 430 should be capable of implementing the power control algorithm for the selected radio technology. For a typical CDMA mobile, the forward link power determines the open loop estimate for reverse link transmission level, so the design should satisfy this criteria with the power level of the forward link signal applied to the mobile, and the value of attenuator 426.

[0090] The gain of the reverse link gain chain, comprising amplifier 420, fixed attenuator 426, and adjustable amplifier 422, is used to set the reverse link gain of the repeater. As part of this process, several parameters are important. The repeater noise figure which is set such that it minimizes the push the repeater thermal noise has on the

base station thermal noise floor. This is accomplished primarily by placing fixed attenuator 426 and adjustable amplifier 422 at the output. The gain of the amplifiers is set high enough to minimize the influence the attenuators have on the repeater noise figure.

[0091] Fixed attenuator 426 is used to set the power level at which a remote station within repeater coverage "hits" or transfers signals to the base station. The setting of this attenuator is described further below. Adjustable gain 422 is used to adjust the reverse link gain of the repeater to a desired, referred to as "correct," operating point during repeater operation in the field. This setting is controlled by what is referred to as a repeater WCD or phone loop, which is described further below.

[0092] A repeater phone loop consists of a repeater phone or WCD, a micro-controller, and the adjustable gain element on the reverse link (422), and possibly a fixed attenuator (426). When using repeater 400 in a CDMA type communication system, the repeater phone selected for this embodiment would be an IS-95 CDMA, CDMA2000 1X, CDMA2000 1X/EV, or WCDMA type wireless device, depending on the communication protocol being used. A typical WCD 430 is discussed further below. However, other device types would be used with other signal protocols, such as those mentioned above, as would be well understood.

[0093] WCD or phone 430 is used to communicate with a BTS, receive calls, interpret BTS power control commands, and transmit data. Essentially, it behaves like any other CDMA phone in a communications system or network. One significant difference in the repeater phone, as compared to a typical CDMA remote station, is that the repeater reverse link amplifier chain is used as the repeater phone transmit amplifier. Power control functions for the repeater phone are performed by this amplifier chain and not by an internal WCD or phone transmit amplifier. This gives the repeater phone the ability to power control the reverse link gain of the repeater.

[0094] This is accomplished in one embodiment by intercepting, or breaking out the internal automatic gain control (AGC) signal generated within the repeater WCD or phone. Essentially, the AGC line in the WCD is broken at a transmit amplifier input and routed to the adjustable gain amplifier 422 (44) after passing through a micro-controller. This is easily accomplished through re-design of the WCD for this function, or even through retro-fitting a device by simple modification of circuit connects to

couple the AGC signal line to a connector for further connection to circuitry in the repeater. Those skilled in the art will readily understand how to achieve such modifications. The internal repeater WCD transmit amplifier is then used as a "fixed gain" pre-amplifier to the repeater reverse link amplifier chain, since the AGC signal will no longer be adjusting its output power. In one CDMA embodiment, the gain of the repeater WCD transmit amplifier is set to transmit at around -50 dBm at the WCD transmit output port, which would normally be an antenna output. This transmit power level is typically a minimum transmit power level for the repeater WCD, and is selected for repeater stability.

[0095] It is desirable to have the amplifier output for at least amplifier 422 selected to be relatively high when the repeater is placed at or very near the edge of cell coverage for a BTS. One embodiment sets the amplifier about 10 dB below an expected peak value as the general maximum value which allows the repeater to be installed at the edge of BTS coverage and still have 10 dB of swing to compensate for such things as temperature drift and repeater amplifier aging. This 10 dB minimum attenuation of the amplifier gain is a conservative estimate that should be sufficient to ensure good repeater functionality.

[0096] Micro-controller 432 is used to achieve several WCD operations or manipulations that might otherwise be provided by a WCD user, or an automated system. For example, micro-controller 432 communicates with WCD or phone 430 to answer or attempt to open a communication link when there is an incoming "call," to send power control commands from WCD 430 to amplifier 422 throughout the call, to latch the amplifier output level once power control settles, and to then "hang-up the phone" or otherwise terminate service or tear down a call when a link is no longer desired or appropriate.

[0097] Micro-controller 432 may be implemented primarily in hardware using, for example, a software-controlled processor or controller programmed to perform the functions described herein, a variety of programmable electronic devices, or computers, a microprocessor, one or more digital signal processors (DSP), dedicated function circuit modules, and hardware components such as application specific integrated circuits (ASICs) or programmable gate arrays (PGAs). Implementation of a hardware state machine so as to perform the functions described herein will be apparent to

persons skilled in the relevant art(s). Micro-controller 432, as discussed below, may be implemented within the WCD to save hardware, if the WCD has sufficient processing power. Micro-controller 432 is shown in 400 to illustrate the function, and could be external to the WCD 430, or internal to the WCD.

[0098] Where embodiments are implemented using software, the software can be stored in a computer program product and loaded into the system using a removable storage drive, memory chips or communications interface. The control logic (software), when executed, causes the controller to perform certain functions as described herein.

[0099] The micro-controller receives the reverse link gain control commands from WCD 430, slows the commands down below about a 800 dB/sec. rate, and outputs the commands to amplifier 422. The slowing down of the power control commands is done in order to keep the power control of remote stations in the repeater coverage area from fighting against the power control of WCD 430.

[0100] Since remote stations in the repeater coverage area are passing through the repeater reverse link, any change in the repeater reverse link will cause the BTS to send power control commands to these remote stations to compensate. If WCD 430 is in the process of changing the repeater reverse link gain with power control, and the transmit power of remote stations in repeater coverage has not settled, then these remote stations can create additional interference at the BTS. This interference causes additional power control commands to go out to all remote stations, including WCD 430, having an unstable effect.

[0101] This potential instability is stabilized by having WCD 430 control the reverse link gain of repeater 400 at a much slower rate than the power control of remote stations in repeater coverage. Essentially, sufficient time is allowed between repeater reverse link gain adjustments to allow remote stations to settle their own power control values.

[0102] In one embodiment, a power control rate for the repeater reverse link gain is set at around 80 dB/sec., which is about ten times slower than the power control rate experienced by typical CDMA type remote stations in repeater coverage. This is a conservative estimate that should be sufficient to maintain power control stability. For other types of communication signal standards such as those that are GSM or TDMA based, the power control rate appears to generally be even slower, so a power control rate for those systems would need to be designed with an appropriate value or rate.

[0103] Generally, a call will be placed from another phone, modem or WCD (as in BTS) to WCD 430 and this call should be maintained for a minimum amount of time. This time window should be sufficient to allow micro-controller 432 to adjust the gain of amplifier 422 and settle the reverse link gain to its correct operating point before the call ends. This assumes the BTS will maintain this call for a minimum of around 30 seconds, and that the repeater micro-controller will make amplification adjustments within about a 20 second window. These are conservative estimates that should be sufficient to reasonably guarantee good functionality in a typical repeater design, and can be changed accordingly.

[0104] In a commercial repeater, the micro-controller could also be used for repeater alarm monitoring, and other functions, as desired.

[0105] As mentioned above, fixed attenuator 426 is used to set how the power level a remote station in repeater coverage hits the BTS. It is desirable to have remote stations in repeater coverage initially hit the BTS at a power level below their required  $E_b/N_t$ . This ensures that the remote stations in repeater coverage will not create additional interference by hitting the BTS with excessive power. In one embodiment, the value chosen for attenuator 426 is such that the transmitted power level of a remote station in repeater coverage will hit the BTS about 5 dB below its required  $E_b/N_t$ . This value is selected as a closed loop adjustment factor. The remote station in repeater coverage will reach its required  $E_b/N_t$  after closed loop power control engages and settles. It is assumed that the required  $E_b/N_t$  for a remote station in repeater coverage is about 6 dB and that this  $E_b/N_t$  corresponds to a frame error rate of around 1%, as typically required by the BTS, although other rates could easily be used, as desired. These values are chosen as a starting point and may change after empirical data is collected, since it is understood that the required  $E_b/N_t$  can change depending on conditions in the network or communication system.

[0106] As is desired for the situation where a remote station is in repeater coverage, it is likewise desirable to have WCD 430 initially hit the BTS at a power level below its required  $E_b/N_t$  to ensure that the WCD will not create additional interference at the BTS. Therefore, the variable gain amplifier is set such that the transmitted power level of the repeater phone hits the BTS 10 dB below its required  $E_b/N_t$ , or to a closed loop adjustment factor of 10 dB. This 10 dB value is chosen to accommodate the 10 dB

minimum required attenuation or margin discussed earlier. If the minimum margin of the amplifier is lowered, as may happen after or in response to the gathering of empirical data and or system testing, then the closed loop correction factor can also be lowered by the same amount.

[0107] While a variable gain amplifier 422 is shown in FIG. 4, it should be understood by those skilled in the art that other techniques are also available for effectively controlling output power. For example, a fixed gain amplifier can be used in place of amplifier 422 with a variable attenuator placed in series with the input, to adjust the amount of signal gain by adjusting the input signal power level, as mentioned above. This is illustrated in FIG. 5, where a repeater 500 is shown using many of the same elements as repeater 400 with changes made to accommodate alternative signal processing and signal coupling for the WCD.

[0108] In FIG. 5, a step attenuator 522 is used with a fixed amplifier 524 in place of variable gain amplifier 422. Control signals or commands from micro-controller 432 act to change the value of step attenuator 522 input to adjust the amount of signal gain by adjusting the input signal power level. A step attenuator such as one available from Weinschel under model number 3206-1, may be used for this function.

[0109] In addition, the repeater of FIG. 5 is configured to interact with a WCD that operates more like an independent phone, which would include circuitry for driving or transferring signals through an antenna. Here, a more complete or actual phone can be used in the repeater by using a cradle or such device to secure the phone in place and provide interconnections to external circuitry within the repeater. In this situation, although not necessary, it is more likely a separate micro-controller 432 will be used. It is also possible that alternative means of coupling signals into and out of the phone may be used.

[0110] In this alternative configuration, signals may be coupled into and out of the phone using a circulator 514 to transfer signals to and from a repeater phone 530 antenna or antenna connector, or similar input/output. A circulator such as one available from Ute Microwave under model number CT-1058-0, may be used for this function. Circulator 514. The circulator is used to split the repeater phone receive and transmit signals, and to provide isolation between these two signals. The circulator

selected for this design typically has an isolation of about 20 dB, which is sufficient to ensure repeater stability.

- [0111] Two attenuators 516 and 526 are also shown in FIG. 5. Attenuator 516 can be used to adjust the amount of power being transferred into circulator 514, while attenuator 526 is used to adjust the amount of power being transferred into combiner 418, in a similar manner to previously described attenuators, 416 and 426, respectively.

### *VIII. Typical Wireless Communications Device*

- [0112] Two typical wireless communication devices useful for implementing WCD 430 are shown in FIGS. 6 and 7.

- [0113] In FIG. 6, a repeater phone 630 is shown having a modem 602 which receives input signals from an analog or digital, signal receiver 604 which is in turn connected to receive input signals from fixed attenuator 416, discussed above. An exemplary modem would be one of several well known mobile stations modems (MSM) manufactured by Qualcomm Incorporated, under model numbers such as MSM3100, MSM5xxx (5050, 5100, 5200, 5500, etc.) or 6xxx (6050, 6100, 6200, 6500, etc.) for use in CDMA phones. Repeater phone 630 also has an AGC output which is directed to a transmission power amplifier 608, typically through an RC filter 606. The AGC signal is transferred along an AGC control line 610. Control line 610 is shown in FIG. 6 as having a break 612, which is symbolic of the change that is implemented in making a phone useful for embedding in repeater 400. The AGC line is redirected to form an AGC output 616 which is transferred to micro-controller 432, as discussed above. Generally, in order to set the transmission circuitry or amplifier to a desirable minimum level of output, the input used for the AGC signal can be connected to a ground level point 614.

- [0114] It should be noted that micro-controller 432 can be separate from repeater phone 630, or contained as part of repeater phone 630 if the processing power of the repeater phone has sufficient capability. For example a typical CDMA wireless device uses one or more integrated circuits that employ embedded processors that are quite powerful, and a certain amount of associated memory or program storage. For example, some embodiments may include an embedded ARM-type processor or the like. Such elements can be used to implement the functions associated with micro-controller 432

and provide a connection or signals output to control the operation of variable gain amplifiers or signal attenuators. For this reason a dashed line 632 is used to indicate that the functions or operation of micro-controller 432 are incorporated within the communication device being used.

[0115] FIG. 6 also shows the output/input lines 618 that connect to circuitry associated with or in modem 602 that provide a call notification, such as indicating the phone is "ringing", although a ringer is not generally useful in this application, and for providing signals to the modem to either "pick-up" or "hang-up" the connection for the phone. This input is provided from the microprocessor since there is no longer a series of buttons being pushed by a phone user to make these choices.

[0116] In addition, while modem 602 may contain a controller and internal memory for accommodating commands and operations described herein, one or more separate or additional memory or storage element 620 may also be included within repeater phone 630 to provide locations for storing commands, data, instructions, and so forth, as desired. Memory refers to any processor-readable medium including, but not limited to, RAM, ROM, EPROM, PROM, EEPROM, disk, floppy disk, CD-ROM, DVD, or the like, on which may be stored a series of instructions executable by a processor.

[0117] In FIG. 7, a typical spread spectrum wireless user terminal 700 is shown which uses an analog receiver 704 to receive, down-convert, amplify, and digitize received signals. Digital communication signals output by analog receiver 704 are transferred to at least one digital data receiver 706A and at least one searcher receiver 708. Additional digital data receivers 706B-706N can be used to obtain desired levels of signal diversity, depending on the acceptable level of unit complexity, as would be apparent to one skilled in the relevant art.

[0118] At least one control processor 720 is coupled to digital data receivers 216A-216N along with the searcher receiver 718, to provide, among other functions, basic signal processing, timing, power and handoff control or coordination. Another basic control function often performed by control processor 720 is the selection or manipulation of PN code sequences or orthogonal functions to be used for processing CDMA communication signal waveforms. Control processor 720 signal processing can include determination of relative signal strength and computation of various related

signal parameters, which may include the use of additional or separate circuitry such as received signal strength indicator (RSSI) 714.

[0119] Outputs for digital data receivers 706A-706N are coupled to digital baseband circuitry 712 within the subscriber unit. User digital baseband circuitry 712 normally uses processing and presentation elements to transfer information to and from a terminal user, such as signal or data storage elements such as transient or long term digital memory; input and output devices such as display screens, speakers, keypad terminals, and handsets. These elements are not necessary in this application, except for field servicing perhaps. Also included is A/D elements, vocoders and other voice and analog signal processing elements that all from parts of the terminal baseband circuitry, using elements well known in the art. If diversity signal processing is employed, user digital baseband circuitry 712 can comprise a diversity combiner and decoder. Some of these elements may also operate under the control of, or in communication with, control processor 710.

[0120] In addition, while baseband circuitry 712 normally contains memory for accommodating commands and operations described herein, one or more separate or additional memory or storage elements 722 (such as discussed above) may also be included within repeater phone 700 to provide locations for storing commands, data, instructions, and so forth, as desired.

[0121] When voice or other data is prepared as an output message or communications signal originating with the subscriber unit, user digital baseband circuitry 712 is used to receive, store, process, and otherwise prepare the desired data for transmission. In the present application such data would be minimal and used simply for establishing a communication link or indicating detected signal strength. Baseband circuitry 712 provides this data to a transmit modulator 716 operating under the control of control processor 710, which has an output connected to a digital transmit power controller 718 which provides output power control to an analog transmit power amplifier 730 for final transmission. Information on the measured signal strength for received communication signals or one or more shared resource signals can be sent to the base station using a variety of techniques known in the art, for example, by appending the information to other messages prepared by baseband circuitry 712. Alternatively, the information can be inserted as predetermined control bits under control of control processor 710.

- [0122] Analog receiver 704 can provide an output indicating the power or energy in received signals. Alternatively, received signal strength indication element 714 can determine this value by sampling an output of analog receiver 704 and performing processing well known in the art. In normal use this information can be used directly by transmit power amplifier 720 or transmit power controller 718 to adjust the power of transmitted signals. This information can also be used by control processor 710 to create AGC control signals for these other elements.
- [0123] Digital receivers 706A-N and searcher receiver 708 are configured with signal correlation elements to demodulate and track specific signals. Searcher receiver 708 is used to search for pilot signals, while digital receivers 706A-N are used to demodulate other signals (traffic) associated with detected pilot signals. Therefore, the outputs of these units can be monitored to determine the energy in the pilot signal or other shared resource signals. Here, this is accomplished also using either signal strength indication element 714 or control processor 710.
- [0124] As has already been suggested by FIGS. 4 and 5, the elements shown for the WCD's in FIGS. 6 and 7 can form part of a simple control module or device as opposed to a more complete "phone". In this case, as stated earlier, the device can be designed to accept signals within certain power ranges or amplitudes and timing, and as such the attenuator 416 or 426 may not be used, either one or both.
- [0125] For the present invention, it is the ability to receive signals from a BTS, operate on or respond to those signals, and generate or use appropriate power commands or signals, which may include power up/down commands, that is important to the operation of the embedded WCD. Therefore, aside from this power control functionality being implemented by WCD 430, extraneous elements for processing other signals, such as screen displays, ring tones, music, video, etc. are not necessary to this function. In addition, when using a less complex module approach to designing WCD 430, the processor or controller used in WCD 430 is more likely to have sufficient or even extra power or processing cycles available to perform the functions of both WCD 430 and micro-controller 432, which is useful in reducing costs and complexity. In addition, memory and other elements that may be used for storing information associated with other operations, can also be released to handling power control functions.

### IX. Analysis of Operation of Power Controlled Repeater

[0126] With a repeater in a BTS coverage area, under consistent loading condition, and in the absence of jammers, the reverse link  $E_b/N_o$  equation, under perfect power-control, for a remote station is:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} S + (N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}})} \frac{1}{R}, \quad (19)$$

where  $S$  is the received signal power of the remote station,  $M$  is the number of users,  $\nu$  is a voice activity factor, and  $i$  is the ratio of interference from other sectors.

[0127] If  $S_R$  is defined to be the transmit power of the embedded WCD, then the  $E_b/N_o$  for the embedded WCD in the power-controlled repeater is:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S_R G_r G_b}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} S_R G_r G_b + (N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}})} \frac{1}{R}, \quad (20)$$

which in terms of the repeater thermal noise push,  $P_{\text{thermal}}$ , is:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S_R G_r G_b}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} S_R G_r G_b + N_o^{\text{nom}} P_{\text{thermal}}} \frac{1}{R}. \quad (21)$$

[0128] With a perturbation of  $\gamma$  in the repeater reverse link gain ( $G_3$  and  $G_4$  in FIG. 4), both the BTS-repeater link gain and the repeater thermal noise contribution at the BTS are going to be perturbed by  $\gamma$  as well. If reverse link closed-loop power-control requests a change of  $\alpha$  in the transmit power of the embedded WCD to achieve the same  $E_b/N_o$  as that in Equation 20, then:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{(\alpha S_R) \gamma G_r G_b}{\frac{(M-1)\nu(1+i)}{W} (\alpha S_R) \gamma G_r G_b + (\gamma N_{\text{repeater}}^{\text{BTS}} + N_o^{\text{nom}})} \frac{1}{R}. \quad (22)$$

[0129] From the above equations one can describe the change in repeater thermal noise push at the BTS that corresponds to the perturbation in the repeater reverse link gain. More specifically, let  $\rho$  be the change in repeater thermal noise push at the BTS. Therefore:

$$N_o^{nom} (P_{thermal} \rho) = \gamma N_{repeater}^{@BTS} + N_o^{nom}, \quad (23)$$

$$P_{thermal} \rho = \frac{\gamma N_{repeater}^{@BTS} + N_o^{nom}}{N_o^{nom}} = \frac{N_{repeater}^{@BTS}}{N_o^{nom}} \gamma + 1 = (P_{thermal} - 1) \gamma + 1, \quad (24)$$

$$\rho = \frac{(P_{thermal} - 1) \gamma + 1}{P_{thermal}}. \quad (25)$$

with substitution from above, one can obtain:

$$\frac{E_b}{N_o} = \frac{S_R G_T G_R (\alpha \gamma)}{\frac{(M-1)W(1+i)}{W} S_R G_T G_R (\alpha \gamma) + N_o^{nom} P_{thermal}(\rho)} \frac{1}{R}. \quad (26)$$

[0130] From Equation 26, in order to achieve the same  $E_b/N_o$  as that in previous expressions under perfect power-control, it is evident that  $\alpha \gamma = \rho$ . Therefore:

$$\alpha \gamma = \rho = \frac{(P_{thermal} - 1) \gamma + 1}{P_{thermal}}, \text{ and } \gamma = \frac{1}{P_{thermal}(\alpha - 1) + 1}. \quad (27)$$

[0131] From Equation 27, given the nominal repeater thermal noise push at the BTS, we could estimate and offset the change in repeater reverse link gain from the change in the transmit power of the embedded WCD, and, therefore, maintain a substantially constant repeater thermal noise push at the BTS. The relationship between  $\gamma$  and  $\alpha$  for repeater thermal noise push at the BTS, with push values of 1, 2, and 3 dB is shown in FIG. 10, as lines 1002, 1004, and 1006, respectively.

#### X. Design of Power-Controlled Repeater

[0132] There are several specific issues to be considered when one designs a power-controlled repeater for a given system, using known features and parameters of the

communication system with which it is to be used. These relate to forward link power amplifier output in the repeater, repeater gain, distribution of gain on the forward link, distribution of gain on the reverse link, nominal noise factor of the repeater, and distribution of gain for the embedded wireless communication device.

### 1. Forward Link Power Amplifier Output

- [0133] The design parameters for a forward link power amplifier output are primarily driven by the size of the desired geographical coverage or service area. This output is typically expressed in terms of the maximum average power,  $W_R$ . However, since the instantaneous power on the forward link of the repeater can be substantially higher than  $W_R$ , embodiments select or set the forward link power amplifier output capability to be as high as the maximum instantaneous power of the repeater. While not strictly required, this should be done to avoid saturation, and the maximum instantaneous power is related to the maximum average power by the peak-to-average ratio in CDMA networks.

### 2. Repeater Gain

- [0134] In calculating the gain of a repeater, one can assume that the forward link gain  $G_F$  and the reverse link gain  $G_R$  are substantially identical. The BTS-repeater link gain,  $G_T$ , is simply the ratio of the target forward link power amplifier output,  $W_R$ , and the power amplifier output of the BTS,  $W_B$  which has a typical value of 25W.
- [0135] To derive the gain of the repeater,  $G_R$ , one divides  $G_T$  by the gain of the repeater donor antenna,  $G_d$ , the target path loss between the repeater donor antenna and the base station antenna,  $L_p$ , and the antenna gain of the base station antenna,  $G_e$ . Therefore,  $G_R$  can be expressed as:

$$G_R = \frac{G_T}{G_d L_p G_e} = \frac{W_R}{W_B} \frac{1}{G_d L_p G_e}. \quad (28)$$

### 3. Distribution of Gain on the Repeater Forward Link

- [0136] From FIG. 4, in dB, the forward link gain of the power-controlled repeater can be decomposed into:

$$G_R = G1 + G2 + \text{Coupler Loss} + 2(\text{Duplexer Loss}). \quad (29)$$

[0137] In selecting the value  $G1$  for amplifier 406, a forward link coupler (408) to the embedded WCD, and the forward link attenuator (426) for the embedded WCD, it is important to ensure that the embedded WCD receives an adequate amount of forward link overhead channel power (for use by signals such as pilot, paging, and synchronization in a CDMA system), and the minimum requirement for accomplishing this is generally on the order of  $-85$  dBm for a CDMA type communication system, other types of systems or protocols can have different values..

#### 4. Distribution of Repeater Gain on the Reverse Link

[0138] Since it can be safely assumed the forward link and reverse link gains are essentially identical (or enough so for the relationships to hold), the reverse link gain of the power-controlled repeater is  $G_R$  as well, and, from FIG. 4, we can see that in dB, it can be decomposed into:

$$G_R = G3 + G4 + \text{Combiner Loss} + 2(\text{Duplexer Loss}). \quad (30)$$

[0139] From above, WCD 430 is going to adjust the value  $G4$  of amplifier 422 to maintain a substantially constant repeater thermal noise push at the BTS. Theoretically, changing  $G4$  is going to alter the nominal noise factor of the repeater,  $F_R$ . However, one can safely assume that  $F_R$  is constant, and you can make  $F_R$  essentially constant by allocating sufficient gain in amplifier 420 ( $G3$ ).

[0140] Specifically, from the anticipated changes in  $G4$  (Per WCD), and the anticipated noise factor of amplifier 422 ( $G4$ ), you can calculate by how many dB the value of gain  $G3$  should exceed the nominal  $G4$  value in order for  $F_R$  to vary less than some pre-determined amount. For example, if it is expected that  $G4$  will change by 10 dB, and, from the anticipated noise factor of  $G4$ , it is concluded that  $G3$  should exceed the nominal  $G4$  by around 40 dB in order for  $F_R$  to vary less than 1%, then there is a constraint of:

$$G3 = G4 + 10 \text{ dB} + 40 \text{ dB} = G4 + 50 \text{ dB}. \quad (31)$$

which means the expression for  $G_R$ , in dB, becomes:

$G_R = (G4 + 50 \text{ dB}) + G4 + \text{Combiner Loss} + 2(\text{Duplexer Loss})$ , and

$$G4 = 0.5(G_R - \text{Combiner Loss} - 2(\text{Duplexer Loss}) - 50 \text{ dB}). \quad (32)$$

Therefore, once the value for gain  $G4$  is determined, the gain  $G3$  can be obtained from Equation 31, noting that other values for changes in gain ( $G4$ ), or how much one gain should exceed another ( $G3$ ,  $G4$ ) for a given variation percentage ( $F_R$ ) would be used, as desired or needed.

### 5. Nominal Noise Factor of Repeater

[0141] A nominal noise factor of the repeater,  $F_R$ , can be derived from the constraint placed by the open-loop turn around constant,  $k$ . In CDMA communication systems, the open-loop turn around constant,  $k$ , is "hard-wired" in the wireless communication device for known reasons, and its first three terms are:

$$k = (pt)_C - 134 + (NF)_C + \dots,$$

where:

$$(pt)_C = 10 \log_{10}(W_B) = \text{Maximum BTS power amplifier output (dBm)},$$

and

$$(NF)_C = 10 \log_{10}(F_B) = \text{BTS noise figure (dB)}.$$

[0142] For a remote station in the repeater coverage area,  $(pt)_C$  should be the forward link power amplifier output of the repeater,  $10 \log_{10}(W_R)$ . Furthermore,  $(NF)_C$  should convey the effective noise figure of the repeater. However, since  $k$  is "hard-wired" in the remote station, one can set  $(NF)_C$  to offset the change in  $(pt)_C$ . More specifically, for the remote stations in the repeater coverage area, we have  $(NF)_C^{\text{repeater}}$  instead, and

$$(NF)_C^{\text{repeater}} = 10 \log_{10}(F_R) + [10 \log_{10}(W_B) - 10 \log_{10}(W_R)] = 10 \log_{10}\left(F_B \frac{W_B}{W_R}\right) \text{ (dB)}$$

[0143] Therefore, to keep the "hard-wired" open-loop turn around constant,  $k$ , valid from the perspective of the remote stations in the repeater coverage area, one should consider aiming for an effective repeater noise factor of:

$$EF_R = F_R \frac{W_B}{W_R}. \quad (33)$$

which becomes :

$$EF_R = F_R + \frac{F_B}{G_T}.$$

since the BTS-repeater link gain ( $G_T$ ) is set to the ratio of repeater forward link power amplifier output over BTS power amplifier output, this produces:

$$EF_R = F_R + \frac{F_B}{\frac{W_R}{W_B}} = F_R + F_B \frac{W_B}{W_R}. \quad (34)$$

[0144] While looking at these relationships it might appear one cannot exactly meet the condition stated in Equation 33, but they should be able establish an effective repeater noise factor that is close to the desired value if:

$$F_R \ll F_B \frac{W_B}{W_R}.$$

## 6. Distribution of Gain for the Embedded WCD

[0145] For the embedded WCD, the gain of its forward link path in the repeater should be equal to the gain of its reverse link path in the repeater. Specifically, the reverse link attenuator (426) of embedded WCD 430,  $ATT2$ , should be set such that:

$$G1 + \text{Coupler Loss} + ATT1 = ATT2 + \text{Combiner Loss} + G3 + G4. \quad (35)$$

## XI. Deployment of Power-Controlled Repeater

[0146] The deployment of a power-controlled repeater is shown in FIG. 8, and is very similar to that of a conventional repeater, with only one extra step being involved. That

extra step is to place a call on the embedded WCD to establish a reference transmit power to go with the nominal repeater thermal noise contribution at the BTS. Otherwise, as shown in FIG. 8, to deploy a power-controlled repeater, it is first physically installed or cited within a desired service area in a step 800, then the forward link gain of the repeater is adjusted in a step 802 to achieve target forward link power amplifier output, the reverse link gain of repeater or BTS is adjusted in a step 804 to balance the forward link and the reverse link, and a reference transmit power of the embedded WCD is established in a step 806. While the installation process ends in step 808, periodically a "call" maybe placed in a step 810 to a BTS to update the repeater settings based on changes in path characteristics and such.

1. **Set Repeater Forward Link Power Amplifier Output**

- [0147] As mentioned earlier, the target repeater forward link power amplifier output,  $W_R$ , is driven by the size of the desired coverage area. To meet  $W_R$ , the value of  $G2$  for amplifier 410 in FIG. 4 is adjusted, since the gain  $G1$  of amplifier 406 is selected to provide adequate forward link overhead channel power to the embedded WCD 430.

2. **Balance Forward Link and Reverse Link**

- [0148] With the forward link gain of the power-controlled repeater set, the next step is to balance the forward link and the reverse link in both the BTS and repeater coverage areas. The reverse link gain of the BTS is adjusted to accomplish this task since adjusting the reverse link gain of the repeater is going to leave the forward link and the reverse link of the BTS coverage area unbalanced.
- [0149] However, if it is not generally possible to adjust the reverse link gain of the BTS, then the value of gain  $G3$  for amplifier 410 in FIG. 4 can be adjusted to balance the links since you should keep most of the repeater's reverse link gain in the value of  $G4$ .
- [0150] Once the forward link and the reverse link are balanced, the nominal repeater thermal noise push at the BTS is set as well.

### 3. Establish Reference Transmit Power of Embedded Subscriber Unit

- [0151] From the previous section, the nominal repeater thermal noise push at the BTS is set after the forward link and the reverse link are balanced. With the nominal push in place, the last step in deployment is to place a call on the embedded phone or WCD to establish a reference transmit power to go with the nominal push.
- [0152] After deployment, periodic calls can be made on the embedded WCD to detect, estimate, and offset changes in the reverse link gain of the repeater.

### *XII. Multi-Frequency Repeater*

- [0153] While the embodiments discussed above show that using a power controlled repeater achieves lower noise levels in a base station communicating with or through the repeater, additional advantages may be realized by employing multiple frequency repeaters. That is, the repeater is capable of communicating on two, or more, frequencies  $f_1$  and  $f_2$ .
- [0154] The above discussion used a single center frequency  $f_1$  for signals transferred between the base station and the repeater, which is the same as the frequency being used to transfer signals between the repeater and remote stations. That is, aside from potentially splitting the forward and reverse links onto separate channels, the remote stations are configured to interact or communicate with the repeater at the same frequencies that they would use in communicating with the base station.
- [0155] This is how a repeater is typically configured and makes sense where it is assumed remote stations may move into and out of cells or sectors, and may be communicating with base stations from time to time and not repeaters. There is a desire to maintain operations with remote stations somewhat uniform so that base stations and repeaters do not require additional complexity to handle communications. In addition, there is a need to see that the communication devices can be accommodated without undue change or complexity likewise being added to them.
- [0156] However, if the repeater communicates with either the remote stations or the base station at a second frequency  $f_2$ , then the communication system may achieve improved loading or additional capacity as the remote stations handled by the repeater or the repeater itself provides lower interference to the BTS and remote stations.

[0157] By selecting a repeater structure that uses a different frequency for the repeater-to-base station link ( $f_2$ ) than the repeater-to-remote station link ( $f_1$ ), the embedded WCD could operate at the second frequency,  $f_2$ , while the power control commands for the WCD would cause both the  $f_1$  and  $f_2$  gain stages to change their respective gains to satisfy power control. Alternatively, the power control adjustment can be configured so that the WCD provides all the gain control using signals only at  $f_1$ , or at  $f_2$ , or some combination of the two frequencies.

[0158] In a different embodiment, if the communication system uses more than one frequency for capacity or loading, then the repeater may be wideband in nature, and pass the multiple frequency signals from the base station to the remote stations, and receive the multiple frequencies (channels) from the remote units and send these back to the base station. In this configuration, the power control commands for the WCD in the repeater may come from one of the channels, and that channel cause the gain for all channels to change in a similar fashion, or the WCD could enter a call on different channels and process the power control commands on these channels and cause the gain for all the channels to change in a similar fashion, or the WCD could enter a call on different channels and cause the gain to change for only that channel.

### *XIII. Multiple Repeaters*

[0159] Another manner in which the present invention can advantageously extend the reach of a communication system is through the use of more than one repeater or a chain of repeaters which communicate through each other. That is, one repeater is in communication or establishes communication links with a base station, but additional repeaters establish communication links with the first repeater, much like remote stations would. FIG. 9 illustrates a configuration for a communication system in which multiple repeaters are used that communication among each other.

[0160] As shown in FIG. 9, this concept can be extended such that one repeater can service one or more repeaters to address a broader area of coverage outside of the reach of a base station or having an unusual shape requiring additional resources. This is shown as repeater 902 with a service area 910 communicating with one or more of repeaters 904, 906 and 908, each having service areas 914, 916, 918, respectively, to provide a more complex shaped coverage area or large area of coverage.

[0161] Alternatively, a series of repeaters can be used in an "in a line" or linear fashion, each communicating with the next to extend coverage over a longer distance, but potentially narrowly confined, relatively speaking, in one dimension (width). This is shown in FIG. 9 as repeater 902 communicating with repeater 906, which in turn communicates through its service area 916 with repeater 920, which communicates with repeater 922 in service area 930, which uses service area 932 to communicate with repeater 924, and so forth. This latter technique can be used to more affectively address needs around long narrow transportation corridors for instance where communication traffic tends to be concentrated, at least during certain peak periods, or in remote or rural areas, without trying to cover lower usage areas nearby.

[0162] However, as shown by repeater 926 and service area 934, the line of repeaters can "broaden" out again, as desired, by servicing two or more repeaters at a time, rather than just one along the line. Alternatively, another line of repeaters can branch off in another direction, as it were. Therefore, once an area for which coverage is not desired or is very difficult or not possible to achieve is cleared, the service area coverage expands or is redirected.

[0163] It could also be used to link two base stations that are spaced some distance apart, by allowing the last repeater in the chain to communicate with that base station, and transfer some control or timing information between them while the repeaters are also addressing communication needs adjacent to where they are located. It is also possible to combine this with the multiple frequency allocation scheme discussed above to alter the frequencies at one or more points along the repeater chain, or area, to meet other interference needs or patterns encountered, or as desired. The communication signals intended for remote stations can have their respective signals generated or operated at one frequency while the embedded WCDs can use signals operating at a second frequency, or even a third, fourth, and so on, depending on how many repeaters are used.

[0164] In any case, it should be understood that for these multiple repeater configurations, embodiments of the invention allow each repeater to be a power-controlled repeater or not, as desired. The power-controlled repeaters take advantage of an embedded WCD and the signals being transferred from one repeater to the next to adjust power as discussed above.

#### *XIV. Conclusion*

- [0165] The previous description of the embodiments above is provided to enable a person skilled in the art to make or use the present invention. While the invention has been particularly shown and described with reference to embodiments thereof, it will be understood by those skilled in the art that various changes in form and details may be made therein without departing from the spirit and scope of the invention.
- [0166] The present invention has been described above with the aid of functional building blocks illustrating the performance of specified functions and relationships thereof. The boundaries of these functional building blocks have been arbitrarily defined herein for the convenience of the description. Alternate boundaries can be defined so long as the specified functions and relationships thereof are appropriately performed. Any such alternate boundaries are thus within the scope and spirit of the claimed invention. One skilled in the art will recognize that these functional building blocks can be implemented by discrete components, application specific integrated circuits, processors executing appropriate software and the like or many combinations thereof. Thus, the breadth and scope of the present invention should not be limited by any of the above-described exemplary embodiments, but should be defined only in accordance with the following claims and their equivalents.
- [0167] What we claim as our invention is:

**CLAIMS**

1. A method of controlling output power for a repeater communicating with one or more base stations in a wireless communication system, comprising:

coupling a pre-selected portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to an embedded wireless communication device within said repeater;

establishing a reverse communication link between said wireless communication device and said donor base station in response to said pre-selected portion using a reverse link signal path substantially in common with remote station communication signals being transferred to said base station; and

receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station and generating at least one power control signal for adjusting the return link gain of said repeater.

2. The method of Claim 1 wherein adjusting the return link gain of said repeater comprises:

receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station;

generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power of said wireless communication device; and

adjusting the return link gain of said repeater based on said power control signal.

3. The method of Claim 2 further comprising generating an automatic gain control signal in said wireless communication device as said at least one power control signal.

4. The method of Claim 1 further comprising:

receiving a communication signal from said donor base station to be transferred to remote stations;

receiving communication signals from one or more remote stations to be transferred to said base station along a predetermined signal path;

processing said pre-selected portion in said wireless communication device to establish a forward communication link;

generating a reverse link communication signal in said wireless communication device for said donor base station;

transferring said reverse link communication signal from said wireless communication device along with said signals received from said covered remote stations along a predetermined reverse link in common with remote station communication signals to said donor base station;

receiving a directed communication signal from said donor base station for said wireless communication device and generating said power control signal;

detecting said power control signal by said repeater; and

adjusting said return link gain based on said detected power control signal.

5. The method of Claim 1 further comprising:

amplifying communication signals received from said donor base station;

transmitting amplified donor signals to at least one remote station;

amplifying communication signals received from one or more remote stations;

transmitting amplified cover signals to said base station;

transferring amplified covered remote communication signals and received donor base station communication signals through a duplexer; and

transferring amplified donor base station communication signals and received remote station communication signals through a duplexer.

6. The method of Claim 5 further comprising

attenuating said pre-selected portion of a donor base station communication signal before transfer to said wireless communication device by a pre-selected amount;

attenuating said return link signal output by said wireless communication device;

and

combining a resulting attenuated return link signal from said wireless communication device with remote station communication signals.

7. The method of Claim 1 further comprising:
  - receiving a communication signal from said donor base station having a first frequency; and
  - receiving communication signals from one or more remote stations having a second frequency different from said first.
8. The method of Claim 7 further comprising:
  - establishing a forward communication link between said wireless communication device and said donor base station using said first frequency; and
  - establishing a reverse communication link between said wireless communication device and said donor base station using said second frequency.
9. The method of Claim 7 further comprising adjusting the repeater gain for said second frequency based on power adjustment information for said first frequency.
10. The method of Claim 7 further comprising adjusting the repeater gain for said second frequency based on power adjustment information for both said first and second frequencies.
11. The method of Claim 1 further comprising producing said communication signals using a standard selected from the group of CDMA, WCDMA, TDMA, TD-SCDMA, and GSM.
12. The method of Claim 1 further comprising periodically establishing a communication link between said wireless communication device and said donor base station and receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station and calibrating a gain set point for said repeater.
13. Apparatus for controlling output power for a repeater communicating with one or more donor base stations in a wireless communication system, comprising:

means for coupling a pre-selected portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to an embedded wireless communication device within said repeater;

means for establishing a communication link between said wireless communication device and said donor base station in response to said pre-selected portion using a reverse link signal path substantially in common with remote station communication signals; and

means for receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station and for generating at least one power control signal for adjusting the return link gain of said repeater.

14. The apparatus of Claim 13 wherein said means for receiving and adjusting comprises:

means for receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station;

means for generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power of said wireless communication device; and

means for adjusting the return link gain of said repeater based on said power control signal.

15. The method of Claim 14 further comprising means for generating an automatic gain control signal in said wireless communication device as said at least one power control signal.

16. The apparatus of Claim 13 further comprising:

means for receiving a communication signal from said donor base station to be transferred to remote stations;

means for receiving communication signals from one or more remote stations to be transferred to said base station along a predetermined signal path;

means for processing said pre-selected portion in said wireless communication device to establish a forward communication link;

means for generating a reverse link communication signal in said wireless communication device for said donor base station;

means for transferring said reverse link communication signal from said wireless communication device along with said signals received from said covered remote stations along said predetermined signal path to said donor base station;

means for receiving a directed communication signal from said donor base station for said wireless communication device and generating said power control signal;

means for detecting said power control signal by said repeater; and

means for adjusting said return link gain based on said detected power control signal.

17. The apparatus of Claim 13 further comprising:

means for amplifying communication signals received from said donor base station;

means for transmitting amplified donor signals to at least one remote station;

means for amplifying communication signals received from one or more remote stations;

means for transmitting amplified cover signals to said base station;

means for transferring amplified covered remote communication signals and received donor base station communication signals through a duplexer; and

means for transferring amplified donor base station communication signals and received remote station communication signals through a duplexer.

18. The apparatus of Claim 14 further comprising

means for attenuating said pre-selected portion of a donor base station communication signal before transfer to said wireless communication device by a pre-selected amount; and

means for attenuating said return link signal output by said wireless communication device; and

combining a resulting attenuated return link signal from said wireless communication device with remote station communication signals.

19. The apparatus of Claim 13 further comprising:  
means for receiving a communication signal from said donor base station having a first frequency; and  
means for receiving communication signals from one or more remote stations having a second frequency different from said first.
20. The method of Claim 19 further comprising:  
means for establishing a forward communication link between said wireless communication device and said donor base station using said first frequency; and  
means for establishing a reverse communication link between said wireless communication device and said donor base station using said second frequency.
21. The method of Claim 19 further comprising adjusting the repeater gain for said second frequency based on power adjustment information for said first frequency.
22. The method of Claim 19 further comprising adjusting the repeater gain for said second frequency based on power adjustment information for both said first and second frequencies.
23. The apparatus of Claim 19 further comprising:  
means for transmitting amplified donor signals to at least one remote station and for transmitting amplified remote station signals to said base station at said first frequency; and  
means for transmitting reverse link signals from said wireless communication device to said donor base station at a second frequency.
24. The method of Claim 13 further comprising means for producing said communication signals using a standard selected from the group of CDMA, WCDMA, TDMA, TD-SCDMA, and GSM.

25. The apparatus of Claim 13 further comprising means for periodically establishing a communication link between said wireless communication device and said donor base station, and receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station and calibrating a gain set point for said repeater.

26. A method of controlling noise in a donor base station in communication with a repeater communicating with the base station and one or more remote stations in a wireless communication system, comprising:

- transferring a pre-selected portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to an embedded wireless communication device within said repeater;

- establishing a communication link between said wireless communication device and said donor base station in response to said pre-selected portion by transmitting a return link signal over a return signal path shared with remote station communication signals being transferred to said base station;

- receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station and generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power of said wireless communication device; and

- adjusting the return link gain of said repeater based on said power control signal.

27. Apparatus for controlling noise in a donor base station in communication with a repeater communicating with the base station and one or more remote stations in a wireless communication system, comprising:

- means for transferring a pre-selected portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to an embedded wireless communication device within said repeater;

- means for establishing a communication link between said wireless communication device and said donor base station in response to said pre-selected portion by transmitting a return link signal over a return signal path shared with remote station communication signals being transferred to said base station;

means for receiving power adjustment information for said wireless communication device from said donor base station and generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power of said wireless communication device; and

means for adjusting the return link gain of said repeater based on said power control signal.

28. A power-controlled repeater communicating with one or more donor base stations and remote stations in a wireless communication system, comprising:

first circuitry for processing communication signals received from said donor base station for transfer to remote stations;

second circuitry for processing communication signals received from said remote stations for transfer to a donor base station;

a wireless communication device connected to said first and second circuitry so as to receive at least a pre-selected portion of communication signals received from said donor base station and to establish a communication link with said donor base station in response to said pre-selected portion over a return signal path in common with remote station communication signals being transferred to said base station, the wireless device being further connected to adjust the return link gain of said repeater based on power changes made in response to characteristics of the established communication link.

29. The repeater of Claim 28, wherein said first and second circuitry are configured to:

amplify and transmit donor signals to at least one remote station and amplify and transmit remote station signals to said donor base station at a first frequency; and

amplify and transmit reverse link signals from said wireless communication device to said donor base station at a second frequency.

30. The repeater of Claim 29 further comprising means for adjusting the repeater gain for said second frequency based on power adjustment information for said first frequency.

31. The repeater of Claim 29 further comprising means for adjusting the repeater gain for said second frequency based on power adjustment information for both said first and second frequencies.

32. The repeater of Claim 29 further comprising:

means for transmitting amplified donor signals to at least one remote station and for transmitting amplified remote station signals to said base station at said first frequency; and

means for transmitting reverse link signals from said wireless communication device to said donor base station at a second frequency.

33. The repeater of Claim 13 further comprising means for producing communication signals using a standard selected from the group of CDMA, WCDMA, TDMA, TD-SCDMA, and GSM.

34. A method of providing signal coverage in a communication system employing two or more repeaters in communication with a base station while minimizing noise in the base station produced by the presence of one or more repeaters, comprising:

coupling a portion of a donor base station communication signal intended for remote stations to a first embedded wireless communication device within a first repeater;

establishing a reverse communication link between the first wireless communication device in the first repeater and said donor base station in response to said portion using a return path shared with remote station communication signals being transferred to said base station from a second repeater through the first repeater;

receiving power adjustment information for said first wireless communication device from said donor base station and generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power of said first wireless communication device in said first repeater; and

adjusting the return link gain of said first repeater based on said power control signal.

35. The method of Claim 34, further comprising:

transferring a second portion of a donor base station communication signal amplified and transmitted by said first repeater and intended for remote stations to a second embedded wireless communication device within a second repeater;

establishing a communication link between said second wireless communication device in said second repeater and said first repeater in response to said second pre-selected portion by transmitting a return link signal over a return signal path shared with remote station communication signals being transferred to said base station from a third repeater through the second repeater;

receiving power adjustment information for second said wireless communication device from said first repeater and generating at least one power control signal for adjusting the output transmission power of said second wireless communication device in said second first repeater; and

adjusting the return link gain of said second repeater based on said power control signal.

36. The method of Claim 34 wherein said first and second repeaters are configured to:

amplify and transmit donor signals to at least one remote station and amplify and transmit remote station signals to said donor base station at a first frequency; and

amplify and transmit reverse link signals from said first and second wireless communication devices at a second frequency.

37. The method of Claim 34 wherein said addition repeaters are configured to:

amplify and transmit donor signals to at least one remote station and amplify and transmit remote station signals to said donor base station at a one frequency; and

amplify and transmit reverse link signals from embedded wireless communication devices at another frequency.

38. A repeater comprising:  
RF circuitry for processing communication signals;  
a phone embedded in the repeater and coupled to said RF circuitry; and  
means for using closed loop power control functions of said phone to adjust transmission power levels used by said repeater;  
whereby gain variation and operating point are stabilized as the said phone corrects transmit power under commands from closed loop power control processing.

39. The repeater of Claim 38 wherein communication signals being processed by said repeater are CDMA type spread spectrum modulated communication signals.

40. A repeater of comprising:  
a first duplexer having an output connected to a receive chain and an input connected to a transmit chain;  
said receive chain comprising a coupler with an input connected to the output of said first duplexer and two outputs, one of which is connected in series with a first set of one or more amplifiers;  
a first fixed attenuator connected in series with said first amplifiers;  
a second duplexer having an input connected to receive an output from said first amplifiers;  
a combiner having two inputs and one output with one input connected to receive an output from said second duplexer;  
one or more amplifiers connected in series with an output of said combiner;  
a second fixed attenuator connected in series with said amplifiers;  
a digital step attenuator connected in series with an output of said second attenuator having an output coupled to said first duplexer input and a control input;  
a circulator having a receiver input connected to an output of said coupler and a transmission output connected to the second input of said combiner, and an antenna input;  
a third fixed attenuator connected in series with said circulator receiver input;

a fourth fixed attenuator connected in series with said transmission output of said circulator and the second input of said combiner;

a repeater phone having an antenna output connected to said antenna input of said circulator, and at least a gain control output, a call notification output, and a pick-up/hang-up output; and

a micro-controller connected with an output to said digital step attenuator control input for issuing commands to control the attenuation and power output thereby, and at least a gain control input, a call notification input, and a pick-up/hang-up input each being connected to corresponding outputs for said repeater phone.

41. The repeater of Claim 40 wherein communication signals being processed by said repeater use a standard selected from the group of CDMA, WCDMA, TDMA, TD-SCDMA, and GSM .

42. A wireless communication system comprising:

one or more donor base stations;

one or more remote stations; and

a power controlled repeater communicating with said base station and one or more remote stations, comprising:

means for coupling a portion of a base station communication signal to an embedded wireless communication device within said repeater;

means for establishing a reverse link between said wireless communication device and a donor base station using a return link signal over a return signal path common with remote station communication signals; and

means for receiving power adjustment commands from said donor base station and generating at least one power control signal for adjusting output transmission power.

1/10

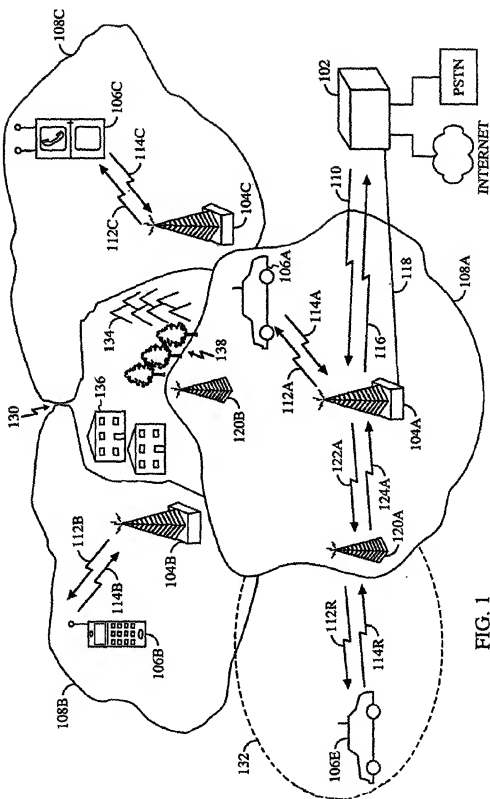


FIG. 1

2/10

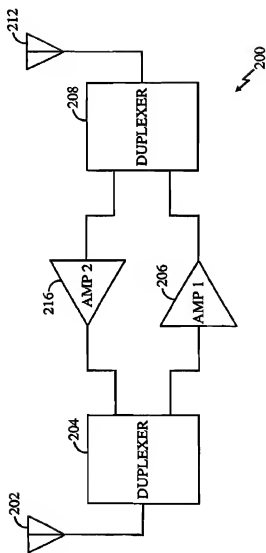


FIG. 2

3/10

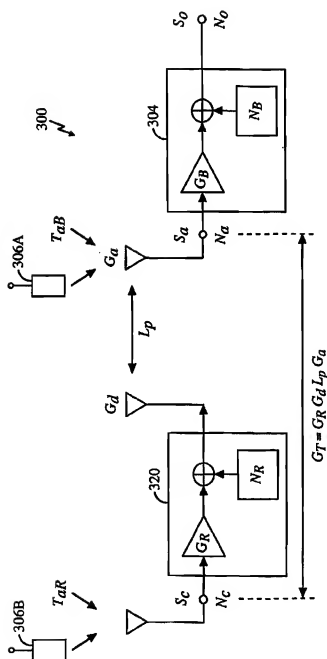


FIG. 3

4/10

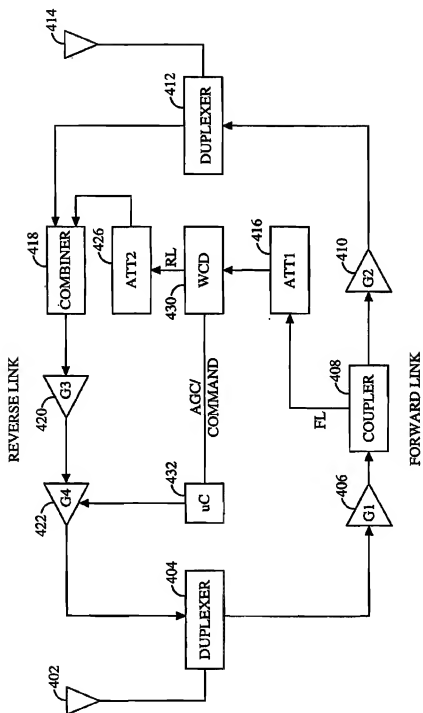


FIG. 4

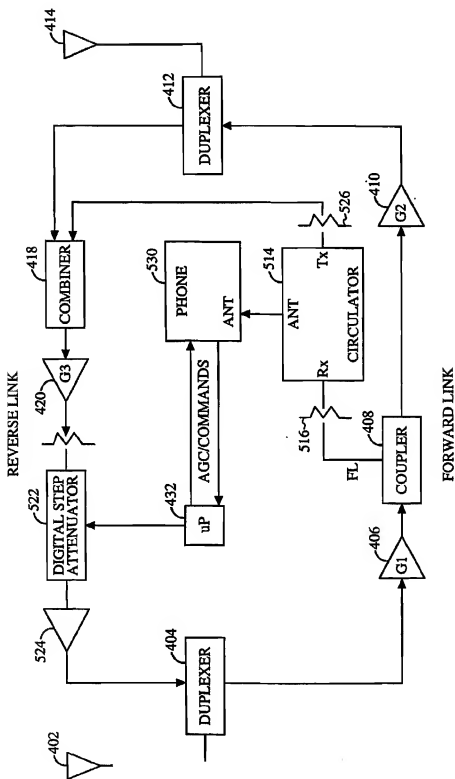


FIG. 5

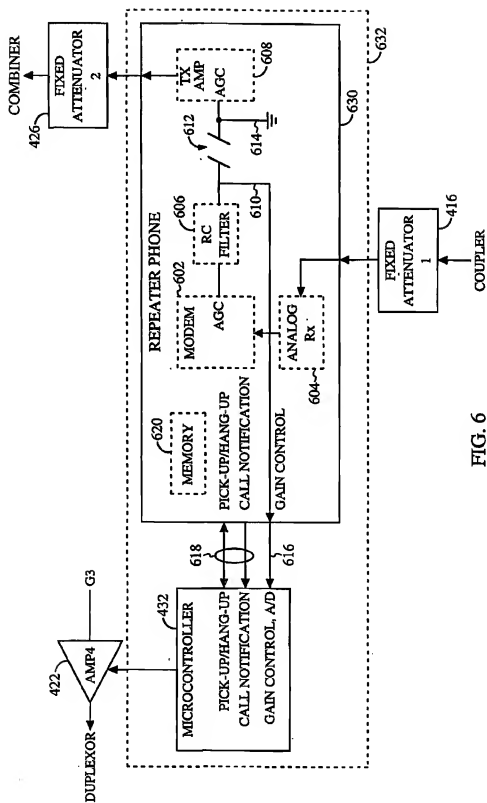


FIG. 6

7/10

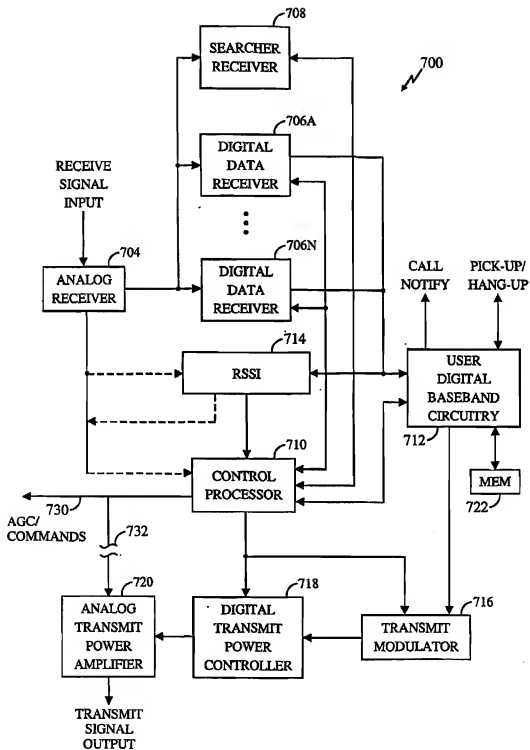


FIG. 7

8/10

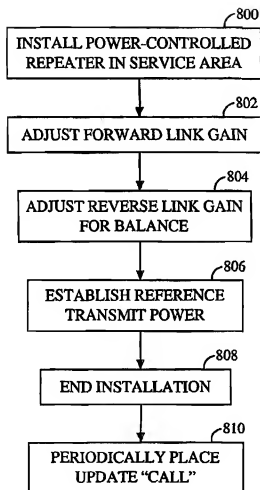


FIG. 8

9/10

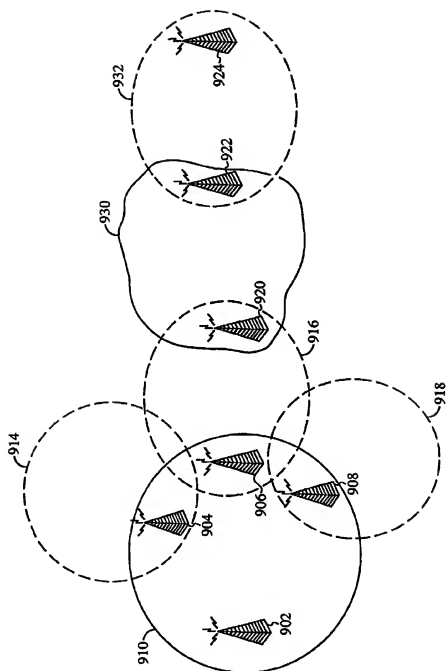


FIG. 9

10/10

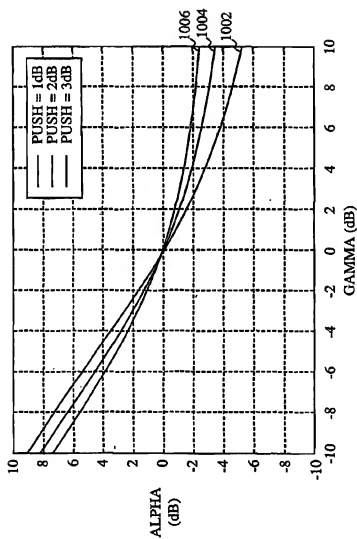


FIG. 10